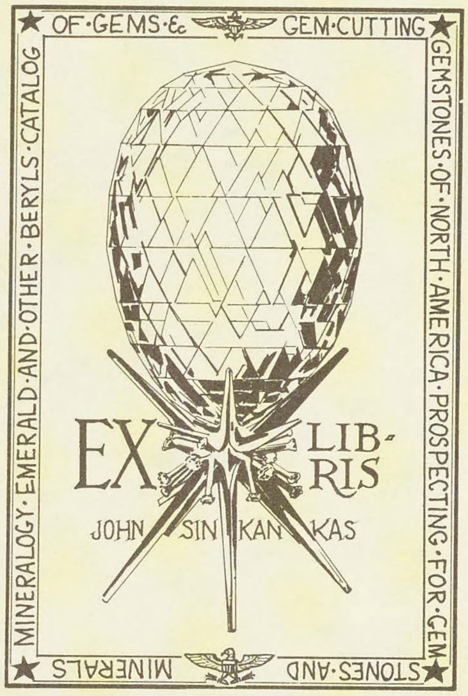

MINERALOGY · EMERALD · AND · OTHER · BERYLS · CATALOG
OF · GEMS · &c
GEM · CUTTING
GEMSTONES · OF · NORTH · AMERICA · PROSPECTING · FOR · GEM
STONES · AND
MINERALS
EX LIB-RIS
JOHN SIN KAN KAS

A. LACROIX

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
PROFESSEUR AU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

MINÉRALOGIE DE MADAGASCAR

TOME I

GÉOLOGIE
MINÉRALOGIE DESCRIPTIVE

Ce volume contient 27 planches hors texte, une carte physique en couleurs 504 esquisses géologiques et figures géométriques.

PARIS
AUGUSTIN CHALLAMEL, ÉDITEUR
RUE JACOB, 17
Librairie maritime et coloniale.

1922

MINÉRALOGIE

DE

MADAGASCAR

A. LACROIX

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
PROFESSEUR AU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

MINÉRALOGIE
DE
MADAGASCAR

TOME I

GÉOLOGIE
MINÉRALOGIE DESCRIPTIVE

Ce volume contient 27 planches hors texte, une carte physique en couleurs 504 esquisses géologiques et figures géométriques.

PARIS
AUGUSTIN CHALLAMEL, ÉDITEUR
RUE JACOB, 17
Librairie maritime et coloniale.

1922

PRÉFACE

Les premiers voyageurs français qui, au XVIIe siècle, abordèrent à « l'Isle de Madagascar », en rapportèrent des récits aussi merveilleux qu'inexacts sur le nombre et la variété des pierres précieuses qu'ils avaient cru y découvrir. Le cristal de roche de la Grande Ile seul n'était pas un mythe ; il ne tarda pas à parvenir directement sur les marchés européens, où il arrivait sans doute depuis longtemps par la voie détournée de l'Inde, mais ce ne fut guère que vers le milieu du siècle suivant que les naturalistes commencèrent à le signaler et à discuter sur l'origine de ces admirables blocs, limpides comme le plus pur cristal — débris de montagnes de pierre transparente ou bien fragments de « quilles monstrueuses de quartz[1] » ?

De temps en temps, quelques minéraux, longues aiguilles de rutile d'un blond doré (cheveux de Vénus) ou de tourmaline noire, apparaissaient au milieu de la limpidité de ces blocs de quartz ou bien s'égaraient, à l'état isolé, dans des lots de pierres vendus aux lapidaires ; ils entretenaient la curiosité intéressée des minéralogistes sur Madagascar.

Au cours de la dernière moitié du XIXe siècle, l'on n'en connaissait pas beaucoup plus sur la minéralogie de la Grande Ile, mais quelques espérances étaient nées au sujet de la possibilité de trouver des gisements de charbon sur sa côte Nord-Ouest. De 1865 à 1870, mon confrère, Alfred Grandidier, avait rapporté de ses explorations de véritables trésors zoologiques et botaniques mais il n'avait pu recueillir que des bribes minéralogiques, en raison de la prohibition impitoyable de toute recherche concernant la nature du sol édictée par le gouvernement Hova.

1. Romé de l'Isle, *Cristallographie*, t. I, 1783, p. 82.

Vers 1883 seulement, un peu de lumière commença à poindre, grâce aux efforts du R. Baron, pasteur anglican, installé à Tananarive : la géologie y trouvait son compte, mais combien maigre était la part de la minéralogie proprement dite ! ni le béryl ni les tourmalines polychromes ni le corindon, pas plus d'ailleurs que les autres minéraux caractéristiques de l'île ne sont cités dans ses travaux. Rien ne pouvait faire pressentir l'importance économique prise aujourd'hui par certaines substances communes, telles que le graphite et les micas. Aussi, lorsqu'en 1893 je commençai la publication de ma *Minéralogie de la France et de ses Colonies*, peu de lignes me suffirent-elles pour relater tout ce qui était connu alors sur plusieurs des minéraux dont la description va occuper une place prépondérante dans le présent volume.

La première tourmaline lithique recueillie en place me fut envoyée en 1894 par M. É. F. Gautier. Quand un an plus tard, à l'occasion de l'expédition de conquête, une exposition fut organisée au Muséum pour mettre sous les yeux du public tout ce que notre collection nationale possédait sur l'histoire naturelle de Madagascar, je ne pus réunir qu'une centaine d'échantillons minéralogiques, y compris ceux provenant de la mission Catat et ceux qu'avait bien voulu nous prêter le premier prospecteur des gisements aurifères de l'île, M. Suberbie.

Peut-être n'est-il pas inutile de préciser l'historique des recherches qu'à partir de cette époque j'ai poursuivies avec une volonté tenace, soutenu que j'étais par une foi profonde dans l'intérêt scientifique de Madagascar et par le désir de contribuer au développement matériel de notre nouvelle colonie.

Alphonse Milne-Edwards, alors directeur du Muséum, avait conçu le projet d'une expédition scientifique dont le rôle eût été d'établir un premier inventaire sommaire des produits naturels de la Grande Ile ; il n'avait pas eu de peine à obtenir mon concours pour ce qui concernait la minéralogie. Mais fournir quelques centaines de mille francs à des naturalistes pour explorer un pays presque inconnu, plus grand que la France, pays qui venait d'être conquis avec l'intention de tirer parti de richesses escomptées, mais non reconnues, sembla une inadmissible prodigalité aux pouvoirs publics d'alors ; les crédits ne furent pas accordés et, en dépit de la méthode scientifique et même du sens commun, l'on se décida à renverser le problème, à chercher à exploiter avant d'avoir étudié.

Quand le général Gallieni devint Gouverneur général de Madagascar, je réussis à l'intéresser à mon dessein et il voulut bien transmettre à tous les administrateurs de l'île un questionnaire détaillé, avec recommandation de recueillir méthodiquement des collections de minéraux et de roches, puis de les envoyer au Muséum pour être étudiées, les collecteurs devant recevoir rapidement le résultat de leur détermination. Une bonne demi-douzaine de réponses fut le résultat de ce grand effort administratif, mais peu après, le capitaine du génie Mouneyres, devenu chef du Service des Mines créé à Tananarive, ayant saisi l'importance des recherches minéralogiques, devint pour moi un collaborateur actif et dévoué. Non seulement il me fit parvenir de précieux documents, mais il contribua à déterminer vers mon laboratoire un courant de sympathie qui ne tarda pas à s'affirmer et à grandir; les envois du Service des Mines, d'officiers, de prospecteurs se multiplièrent, la voie des recherches fructueuses m'était ouverte.

Parmi ces premiers correspondants, l'un d'eux mérite une place d'honneur. Maxime Villiaume, officier d'administration d'artillerie coloniale, avait été chargé par le général Gallieni d'effectuer des sondages pour la recherche du charbon dans la région du Nord-Ouest. Quelques échantillons de granite envoyés au Muséum inaugurèrent nos relations. Avec une vive intelligence et une grande souplesse, Villiaume voulut bien se plier à toutes les exigences des recherches minutieuses que je lui demandais et il me fit parvenir les admirables collections lithologiques qui m'ont servi à publier deux grands mémoires dans lesquels a été défini ce que j'ai appelé la province pétrographique d'Ampasindava, l'une des plus remarquables de celles actuellement connues à travers le monde pour l'étude des roches éruptives sodiques; entre temps, le R. Baron avait libéralement mis à ma disposition une série de roches recueillies par lui dans cette même région. Quand en 1904, Villiaume revint définitivement en France il avait fait un élève en la personne du capitaine Colcanap ; celui-ci me fournit des documents sur le prolongement vers le Sud de la province d'Ampasindava ; il devait plus tard poursuivre ses travaux dans le Sud-Ouest de l'île et y découvrir l'existence de la houille.

Puis cela avait été ou ce furent les explorations de M. Émile Gautier dans l'Ambongo, de M. Guillaume Grandidier dans l'Extrême-Sud, de M. Alluaud dans l'Extrême-Nord et dans l'Extrême-Sud, de M. P. Lemoine sur les terrains sédi-

mentaires du Nord et du Nord-Ouest ; de Geay dans le Sud-Ouest, le Sud et l'Est ; de Prince, de Mouneyres et Baron dans l'Ouest ; les unes et les autres me valurent des roches qui complétèrent celles déjà réunies.

Ainsi peu à peu, pendant dix ans, par grandes séries ou par unités, vinrent s'accroître les collections de minéraux et de roches dont l'étude était faite au jour le jour ; elles m'ont permis d'être le premier à décrire, dans la longue série de notes et de mémoires dont la liste se trouve à la fin de cet ouvrage, à peu près toutes les roches et tous les minéraux actuellement connus à Madagascar.

Mais, à côté des documents importants qui méritaient de faire l'objet d'une publication particulière, plus nombreux encore étaient les échantillons d'intérêt intrinsèque minime, mais dont l'ensemble constitue un tout précieux. Il me parut indispensable de ne pas laisser perdre cette *poussière* d'observations et je me décidai à entreprendre dans la Grande Ile et à la Réunion un voyage que voulurent bien subventionner MM. les Ministres des Colonies et de l'Instruction publique. Ce voyage m'a été facilité par l'administration de la Colonie ; je lui ai consacré une grande partie de l'année 1911, me donnant pour programme non point de chercher à l'aventure des gisements nouveaux, mais de visiter systématiquement les plus importantes des régions sur lesquelles je possédais déjà des renseignements, afin de les coordonner et de me faire, sur le terrain, une opinion personnelle sur les questions étudiées jusqu'alors seulement dans le laboratoire.

Depuis lors, les documents dont j'ai pu disposer se sont augmentés encore, en quantité et souvent en qualité. M. J. Giraud m'a communiqué les roches, M. Arsandaux, les minéraux, recueillis au cours de leurs missions [1] ; les nombreux prospecteurs dont j'avais fait la connaissance sur place et beaucoup d'autres encore, les sociétés coloniales fondées pour l'exploitation des produits de l'île, m'ont procuré une grande quantité d'échantillons nouveaux, enfin deux hommes dévoués à la science : Rouquette, vétérinaire colonial à Fort-Dauphin, mort à la peine à Analalava, et surtout M. H. Perrier de la Bathie, ont été pour moi des collaborateurs d'un dévoûment auquel je ne saurais attacher trop de prix. Depuis

1. Des travaux minéralogiques intéressants ont été publiés par M. Duparc et par M. Ungemach à la suite d'une prospection effectuée par eux dans la Colonie. On trouvera en outre dans la *Bibliographie* la liste de travaux d'ingénieurs qui se sont placés exclusivement ou surtout au point de vue minier.

20 ans, M. Perrier de la Bathie, essentiellement botaniste, mais devenu plus tard géologue, a sillonné la Colonie de ses itinéraires. Non seulement il m'a communiqué les roches recueillies au cours de ses explorations, mais il a entrepris toutes les recherches qui m'étaient nécessaires pour élucider bien des problèmes soulevés par l'étude d'échantillons qui m'avaient été communiqués par ailleurs. On trouvera souvent son nom cité dans les pages qui suivent, il est sous-entendu dans un plus grand nombre encore.

*
* *

Je dois tout d'abord définir le but de cet ouvrage. L'établissement de la constitution minéralogique et lithologique d'un pays aussi vaste que Madagascar dépasse les forces d'un seul homme, surtout lorsque celui-ci doit travailler sur des matériaux principalement recueillis par d'autres que par lui-même, surtout aussi quand ce pays se trouve sous les tropiques et que son sol latéritisé, en partie couvert par la brousse ou la forêt, n'est véritablement exploré à ce point de vue que depuis un quart de siècle. Aussi bien n'ai-je eu à aucun moment la prétention de faire une œuvre définitive ; mon dessein a été d'établir une base, aussi solide que possible, qui puisse servir de point de départ à des recherches méthodiques ultérieures. Je me considérerais comme récompensé de mon labeur de 25 ans si ce livre devait clôturer la période héroïque de l'étude minéralogique de la Colonie, celle de l'abandon de cette étude à l'initiative privée.

Ce livre est divisé en deux volumes, composés de quatre parties d'importance inégale.

La *Première Partie* comprend une esquisse géographique, fort brève, puis un exposé dans lequel j'ai cherché à mettre en relief les trois entités géologiques caractérisant la géologie de Madagascar : les *schistes cristallins* et les *roches éruptives anciennes* qui constituent les trois quarts de la Colonie, qui en sont en quelque sorte l'ossature ; les *sédiments*[1] qui flanquent le Massif cristallin vers

1. Ces sédiments et surtout leur faune ont fait l'objet de nombreux travaux dont les plus importants sont énumérés dans la *Bibliographie* qui termine cet ouvrage.

l'Ouest ; enfin, les nombreux *centres volcaniques*, dispersés aussi bien parmi les sédiments que sur le môle ancien.

En raison des conditions exposées plus haut, il ne saurait être question de détails, de stratigraphie ni *a fortiori* de tectonique. J'ai dû me contenter d'une sorte d'énumération raisonnée qui permettra aux travailleurs de l'avenir de savoir dans quelle direction ils devront orienter leurs recherches. Mon but principal étant d'ailleurs d'ordre minéralogique, j'ai voulu surtout, dans cette Première Partie, situer dans leur milieu, avec la précision compatible avec les données recueillies, les innombrables localités d'où proviennent les minéraux et les roches dont l'étude constitue la portion essentielle de mon œuvre. La *carte géologique* qui accompagne le tome II synthétise les résultats acquis.

La *Deuxième Partie*, plus ample que la précédente, est réservée à l'étude des minéraux considérés en eux-mêmes. J'ai suivi un plan analogue à celui qui fait l'originalité de ma *Minéralogie de la France et de ses Colonies*. Pour chaque espèce, j'ai établi toutes les conditions géologiques dans lesquelles elle a été rencontrée à Madagascar, puis j'ai donné pour chacune de ces conditions des exemples caractéristiques, en précisant les particularités cristallographiques, chimiques ou autres, qui sont l'apanage de l'espèce considérée dans ses divers types de gisement. De nombreuses figures géométriques accompagnent le texte, alors que des photographies représentant les cristaux eux-mêmes sont données dans des planches hors texte. J'ai voulu réaliser ainsi une démonstration nouvelle de la façon dont je comprends l'histoire naturelle des minéraux, et qui consiste, tout en ne négligeant la connaissance d'aucune de leurs propriétés physiques ou chimiques, à mettre en évidence le rôle qu'ils jouent dans la nature.

La minéralogie de Madagascar, telle qu'elle résulte des observations actuelles, présente un cachet très spécial, c'est essentiellement une minéralogie de silicates, d'oxydes et de niobates. Il n'y existe que peu de métaux natifs en dehors de l'or, extrêmement peu de sulfures et par suite un très petit nombre de minéraux oxydés, carbonatés, sulfatés, phosphatés, arséniatés... qui, généralement, se forment à leurs dépens. Parmi les silicates, l'intérêt se concentre sur ceux des roches métamorphiques et surtout sur ceux des pegmatites, parmi lesquels abondent les minéraux à terres rares. Plus d'une espèce nouvelle a été découverte parmi eux.

Jusqu'ici les minéraux n'ont été considérés qu'en eux-mêmes, sans préoccupation de leur utilisation pratique possible, c'est à ce point de vue spécial qu'est consacrée la *Troisième Partie* par quoi débute le tome II. A cet égard, Madagascar est un pays tout à fait exceptionnel ; si on laisse de côté les quelques produits minéraux des sédiments : combustibles fossiles, asphalte (et, peut-être pétrole), phosphate de chaux, dont l'importance économique reste à démontrer, toutes les richesses minérales bien établies de l'île sont concentrées dans le Massif cristallin. Celui-ci est exondé depuis la période primaire ; il a été depuis lors soumis à une longue série d'actions érosives, aussi ne sont-ce que des formations profondes que l'on y observe. Comme conséquence, il n'y existe que peu ou pas de filons proprement dits, à l'exception de quelques filons auro-argentiıères étroitement localisés sur sa lisière septentrionale et intéressant non seulement les gneiss, mais aussi les formations triasiques voisines ; ce que l'on y trouve ce sont des imprégnations diffuses qui ont disséminé l'or un peu partout dans les schistes cristallins lors de leur métamorphisme ou dans des veines quartzeuses interstratifiées. A signaler seulement, plusieurs gisements métallifères (cuivre et plomb) au contact de roches éruptives et dans ces dernières un petit nombre de gîtes d'inclusion ou d'altération (nickel). Par contre, d'innombrables gisements de graphite, d'autres, moins abondants, de corindon, de fer (magnétite) existent dans les schistes cristallins eux-mêmes. Enfin, dans beaucoup de pegmatites, il faut signaler l'abondance des gemmes, des minéraux uranifères (radioactifs), cérifères, zirconifères, etc. Ce sont encore dans les mêmes roches que sont ou que pourront être exploités les micas, l'amiante, etc.

Une mention doit être faite pour les sources thermales — à peine étudiées jusqu'ici — mais dont plusieurs sont susceptibles de devenir une richesse pour la Colonie et un bienfait pour la santé de ses habitants. Leurs dépôts ne sont pas sans intérêt scientifique.

On voit par ce résumé qu'à Madagascar la recherche des minerais et des minéraux utilisables est du domaine des études minéralogiques plutôt que minières, telles qu'on les considère habituellement ; elle implique chez ceux qui s'y livrent, ingénieurs ou prospecteurs, des connaissances de minéralogie pure qui sont rarement possédées par eux. Peu de pays exigent de la part de ceux qui veulent tirer parti de leur sol autant de connaissances techniques spéciales que la Grande Ile.

La description des caractères de chacun des types de gisement de minerais et de minéraux utilisables est accompagnée de brefs renseignements sur leur mode d'exploitation et de statistiques concernant leur production qui constitue une partie importante des ressources naturelles de la Colonie.

Enfin la *Quatrième Partie* est consacrée à la lithologie. A Madagascar, les *roches intrusives* présentent une très grande variété ; si les types calco-alcalins semblent prédominer, il y existe aussi des séries alcalines, sodiques ou potassiques, d'un très grand intérêt. Une importance spéciale est donnée à l'étude des pegmatites, qui se rencontrent de toutes parts dans l'île ; elles sont d'une richesse minéralogique incomparable. Un voyage que j'ai effectué en Amérique, comme délégué de la Colonie au Congrès géologique international de Toronto en 1913, m'a fourni l'occasion d'étudier les gisements des roches similaires qui se rencontrent au Canada et aux États-Unis, de la côte Atlantique à la Californie, et de recueillir ainsi de précieux éléments de comparaison.

Les *massifs volcaniques* de Madagascar sont, eux aussi, fort variés ; certains d'entre eux ont une composition banale, mais d'autres, tels celui que j'ai désigné sous le nom de province pétrographique d'Ampasindava et dont il a été question plus haut, renferment, associés aux roches épanchées, de nombreux types intrusifs qui méritent de devenir désormais classiques.

Les *schistes cristallins* ne sont pas moins complexes et intéressants au point de vue de leur constitution et de leur mode de formation. Il est possible d'y distinguer une série schisteuse sédimentaire, présentant des étapes compliquées de transformations, dues à des actions de contact de roches éruptives et à l'influence d'un métamorphisme général d'intensité modérée, puis une série gneissique très complexe, dans laquelle j'ai cherché à spécifier les divers termes d'une série analogue à la précédente, mais uniformément transformé, en roches à structure granoblastique, quelle qu'ait été leur nature première, éruptive, sédimentaire ou métamorphique. La connaissance de ces roches est précieuse pour la discussion de l'origine des schistes cristallins.

Un long chapitre est consacré aux *altérations superficielles* des roches qui, à tous égards, jouent un rôle considérable dans les pays tropicaux. J'y montre que si de véritables latérites existent à Madagascar, la plus grande partie de ses Terres

rouges ne sont que des argiles latéritiques; leur comparaison avec les productions latéritiques que je suis allé étudier en Guinée et au Soudan prête à des considérations qui ne sont pas sans intérêt. Ces divers types d'altération ont plus qu'une importance théorique, ils exercent une grande influence sur la possibilité d'exploiter les minéraux utiles de la Colonie.

Afin d'être complet, j'ai donné, pour finir, une courte esquisse lithologique des *roches sédimentaires* de l'Ouest.

*
* *

Ce livre étant essentiellement un ouvrage de références, il était indispensable que toutes les indications géographiques pussent être contrôlées et la position des localités citées facilement retrouvée. Un tel résultat ne saurait être obtenu sans de grandes difficultés.

La toponymie malgache présente en effet cette particularité que presque tous les noms de lieux ont une signification[1]. Comme les idées ou les choses qu'ils représentent sont généralement simples, il en résulte que les mêmes termes reviennent souvent ; c'est par dizaines ou par centaines que l'on compte dans l'île les *Ambatomainty* [à la pierre noire], les *Ranomafana* [là où il y a de l'eau chaude], les *Sabotsy* [là où il y a un marché le samedi], etc. Aussi la plupart des indications toponymiques doivent-elles être complétées par l'indication de points de repère suffisants. Une autre conséquence de cette particularité est que les moindres fautes orthographiques sautent aux yeux de quiconque connaît la langue malgache et j'ai tenu à ne pas faire souffrir ceux-ci, comme ils souffrent en lisant la plupart des ouvrages concernant la Grande Ile et qui sont imprimés loin d'elle.

Pour arriver à mon but, j'ai eu recours à l'érudition et à l'obligeance de malgachisants de marque : MM. Alfred et Guillaume Grandidier, le Gouverneur Jullien, mais j'ai trouvé surtout un concours, aussi compétent que dévoué, en la personne de M. Dandouau, ancien secrétaire de l'Académie malgache qui, étant en congé en France au moment où s'imprime ce livre, a bien voulu revoir avec

1. Voir à ce sujet une note explicative placée en tête de l'*Index géographique* à la fin du tome II.

moi mon texte aux points de vue linguistique et géographique. L'orthographe de chaque nom a été discutée, puis sa position géographique repérée, dans la mesure du possible, sur les diverses cartes de la Colonie. Un index géographique a été établi, dans quoi le lecteur trouvera tous les noms de lieux ou expressions géographiques cités, avec quelques explications, que je n'ai pu rendre plus complètes sous peine de grossir ce livre d'une façon démesurée. Par toutes ces précautions, j'espère avoir réduit au minimum les erreurs qui, d'ailleurs, ne sauraient être évitées complètement.

C'est avec le même souci de la précision qu'ont été établies les esquisses cartographiques insérées dans le texte[1] ou placées hors texte, la carte purement géographique du tome I et la carte géologique du tome II. J'en dois le dessin à mon ami, M. Léon Desbuissons, chef du Service géographique du Ministère des Affaires étrangères, qui les a exécutées avec son habileté coutumière. Je n'ai pas voulu utiliser les cartes préexistantes, parce que j'ai tenu à faire figurer sur mes cartes le plus grand nombre possible des noms de lieux revenant fréquemment dans cet ouvrage. Bien souvent des localités ou des points géographiques d'une importance capitale, en raison de leur constitution minéralogique, sont si insignifiants à d'autres égards qu'ils ne se rencontrent même pas sur les cartes locales et *a fortiori* sur les cartes à petite échelle des atlas en usage en dehors de la Colonie.

Pour l'illustration minéralogique de ces volumes, j'ai largement usé de l'habileté et du dévoûment de mes amis, MM. Adolphe Richard et Fallou. Je dois à MM. Carle, Fauchère, Perrier de la Bathie et à plusieurs autres une partie des photographies pittoresques reproduites plus loin.

Enfin, dans mon laboratoire, mes collaborateurs et élèves, MM. H. Arsandaux, P. Gaubert, colonel Azéma, J. M. Martinod, A. de Romeu, R. Tronquoy, J. Orcel, Mlle Y. Brière, puis, en dehors du Muséum, mon confrère et ami M. A. de Gramont, MM. Demalander, Muguet et Szilard, m'ont souvent aidé dans les innombrables mesures ou essais qu'a nécessités la détermination des minéraux étudiés.

De très nombreuses analyses nouvelles de minéraux et de roches malgaches

1. Celles du tome I ayant été gravées avant la révision orthographique, il s'y est glissé quelques inexactitudes qui seront rectifiées dans un errata placé à la fin du tome II; c'est toujours l'orthographe du texte qui fait foi.

ont été effectuées, avec grand soin et sous ma direction, par des chimistes distingués, MM. Pisani, Boiteau et surtout M. Raoult. Elles ont entraîné des dépenses fort élevées dépassant de beaucoup mes ressources personnelles et celles de mon laboratoire ; j'ai reçu à cet égard le concours très efficace de la *Caisse des Recherches scientifiques* du Ministère de l'Instruction publique, puis, tout récemment, celui de la Colonie ; à ce propos, je ne saurais oublier le témoignage de sympathie que m'a donné la Chambre des Mines de Tananarive et spécialement son président, M. Ulysse Gros.

Il me reste à remercier tous ceux, et ils sont nombreux, en outre de ceux cités plus haut, qui, à Madagascar, m'ont aidé sous des formes diverses : MM. les Gouverneurs généraux Galliéni, Augagneur, Picquié, Merlin, Schrameck et Garbit ; — les chefs du Service des Mines, MM. Mouneyres, Merle, Bonnefond et beaucoup de leurs collaborateurs, MM. Auclair, Dabren, Evesque, Lavila, Michaut, Reboul, Sirdey en particulier ; — le chef du Service des Travaux publics, M. Girod ; — de nombreux administrateurs ou agents administratifs et notamment MM. Battini, H. et A. Berthier, Capurro, Decary, G. Fontoynont, Garnier-Mouton, Orsini ; — l'inspecteur général de l'Agriculture, M. Fauchère ; — le chef du Service de la colonisation, M. Carle, et M. Longuefosse ; — des membres de l'Académie malgache, le D[r] M. Fontoynont, le Père Muthuon et M. Lamberton ; — les présidents, directeurs ou agents de nombreuses sociétés coloniales résidant soit à Madagascar, soit en France et parmi eux d'une façon toute spéciale : MM. Fürst (ancienne Société nantaise de Madagascar), Benoist et Boyer (Société des mines d'Andavakoera), Buhan (la Madagor), Besson (Compagnie marseillaise de Madagascar), Boissier, Vieille-Koechlin et Trocon (Société de l'Ankaratra), Bourdariat (Compagnie coloniale de Madagascar), Cortès (Syndicat lyonnais de Madagascar), enfin beaucoup d'explorateurs, d'officiers, d'ingénieurs et de prospecteurs : MM. Blondlat, Chauveau, Chrissement, Dégoutin, Dreyfus, Dropsy, Dubosc, Fiévet, Florens, Garivier, Gaugé, Hanning, Helson, Herscher, Huré, Jamet, Krafft, Lajat, de la Mothe Saint-Pierre, Marabail, Magnien, Marquet, Moiret, Mortages, Pachoud, Rasamoel, Rossi, Rouaix, Tirlet, Ungemach, Véron, Waterlot, et bien d'autres dont les noms seront rappelés au cours de cet ouvrage.

La grande guerre a été, pendant plusieurs années, un obstacle insurmontable à sa publication. M. le Gouverneur général Garbit a su généreusement lever les difficultés financières s'opposant à son impression et a fourni à l'éditeur,

M. Challamel, la subvention qui a aidé à son exécution sous une forme digne de la Colonie. Je tiens à lui en exprimer ma profonde gratitude.

Avant de clore cette longue liste, je ne saurais oublier la compagne de tous mes voyages et la confidente discrète de tous mes travaux, avec laquelle j'ai vécu ce livre non seulement ici, mais là-bas, au pays de la *Terre rouge*. Les longs mois consacrés à courir en filanjana par monts et par vaux dans l'ombre de la grande forêt tropicale, au milieu de la luxuriante végétation de la côte humide et brûlante, ou sur la steppe herbeuse, à la fois monotone et diverse, des Hauts Plateaux inondés de lumière, — les soirées passées à contempler la splendeur étoilée du limpide ciel austral sont parmi les plus précieux souvenirs de nos nombreuses campagnes coloniales.

Je n'ai pas échappé à la séduction qu'exerce la Grande Ile sur tous ceux qui l'ont approchée; en cherchant à la faire mieux connaître, j'ai plaisir à lui rendre un peu de ce qu'elle m'a donné.

A. Lx.

MINÉRALOGIE DE MADAGASCAR

PREMIÈRE PARTIE

GÉOLOGIE

CHAPITRE PREMIER

ESQUISSE GÉOGRAPHIQUE

Madagascar est, après la Nouvelle-Guinée et Bornéo, la plus grande île du globe. Située dans l'hémisphère austral, entre les parallèles de 12° et 26° Sud, entre les méridiens de 40°30′, et 48°20′ Est, elle mesure environ 1 580 kilomètres du Nord-Nord-Est au Sud-Sud-Ouest, direction suivant laquelle elle est allongée, et 580 kilomètres de l'Est à l'Ouest. Le développement de ses côtes est d'environ 5000 kilomètres. Sa superficie dépasse 600000 kilomètres carrés, c'est-à-dire celle de la France, de la Belgique et de la Hollande réunies.

Madagascar est séparée de l'Afrique par le canal de Mozambique dont la largeur minimum (entre le cap Saint-André et Mozambique) est de près de 400 kilomètres et dont la profondeur oscille entre 2 et 3000 mètres, sauf sur un seuil rocheux situé entre le cap d'Ambre et Nosy Be à Madagascar, le cap Delgado sur la côte d'Afrique, seuil qui est jalonné par l'archipel volcanique des Comores.

La côte occidentale de l'île est sinueuse, avec une avancée vers l'Ouest, constituée par le cap Saint-André ; la côte orientale au contraire, plate et monotone, d'abord orientée Nord-Nord-Ouest du cap d'Ambre à la base de la presqu'île que termine le cap Masoala, est ensuite, et sur sa plus grande longueur, absolument rectiligne et orientée Nord-Nord-Est. Cette allure fait penser à une origine

tectonique ; celle-ci est encore rendue plus vraisemblable par la grandeur des fonds, qui, dans le voisinage de la côte, atteignent jusqu'à 5349 mètres. On sait que très loin à l'Est surgissent de ces abîmes les Mascareignes, c'est-à-dire l'île volcanique de la Réunion et aussi les îles Maurice et Rodriguez.

Au point de vue géographique et géologique, il faut distinguer à Madagascar trois régions d'importance fort inégale qui sont bien mises en évidence par la carte géologique du tome II :

1° Une *région essentiellement formée de schistes cristallins* et de *roches éruptives intrusives*. Elle est souvent appelée le *Massif central*, mais cette expression n'est pas précise, puisque, si le centre de l'île y est compris, il s'y trouve bien autre chose, je la désignerai sous le nom de *Massif cristallin* ;

2° Une *région essentiellement sédimentaire ou volcanique* qui flanque la première du côté de l'Ouest ; elle renferme un petit noyau de schistes cristallins (Ambongo) qui a eu une grande influence sur la distribution ultérieure des sédiments ;

3° Une zone, d'une importance minuscule comme surface, mais intéressante au point de vue général, et qui forme à la côte orientale une *étroite bordure de sédiments, de sables et de dunes*.

4° Enfin, il y a lieu de rattacher à Madagascar, l'archipel volcanique des Comores.

I. — MASSIF CRISTALLIN

Le Massif cristallin est essentiellement montagneux ; il se dresse brusquement au-dessus des autres régions qu'il domine presque partout[1]. Il paraît surtout limité par des failles, le long desquelles se sont effondrés les sédiments voisins. Des failles, des effondrements l'ont aussi atteint autre part que sur ses bords et un trait essentiel de la structure de sa partie centrale réside dans l'existence d'une haute falaise courant parallèlement à la côte orientale et au pied de laquelle se trouvent les mêmes schistes cristallins qu'à son sommet, morcelés encore en gradins successifs jusqu'au voisinage de l'Océan.

Ce Massif s'étend presque sur toute la longueur de l'île. Il commence à la vallée de la Loky, sur la côte orientale, et se prolonge jusqu'à l'extrémité méridionale, à la falaise d'Andrahomana ; il est caractérisé par l'abondance des rides montagneuses à orientation voisine du méridien oscillant du Nord-Est au Nord-Ouest, en relation avec les plissements, et, avec, comme conséquence, de nom-

1. Sauf dans la partie Sud-Ouest.

breuses vallées longitudinales de même direction. Toutefois des chaînes Est-Ouest ne sont pas rares (Andringitra, au Nord-Ouest de Tananarive ; entre la Mania et la Matsiatra, etc.).

Ce massif peut être subdivisé à son tour ; j'y distinguerai :

1° Un massif septentrional ;

2° Une partie centrale comprenant les Hauts-Plateaux et leurs abords ;

3° Un massif méridional.

Ces divers massifs sont l'origine de tous les fleuves de l'île ayant quelque étendue. Ils doivent à leur communauté de constitution lithologique et à l'uniformité du mode d'altération des roches silicatées sous l'influence du climat tropical (formation de terres rouges plus ou moins latéritiques dans toute la partie de l'île située au Nord de l'Onilahy) une analogie d'aspect très remarquable qui tranche avec la diversité d'aspect de la région sédimentaire, en relation avec une certaine complexité de constitution lithologique.

A. — *Massif septentrional*[1].

On vient de voir que ce massif débute à la rive droite de la Loky ; il est limité vers le Sud par le col de l'Androna (ou de Mandritsara). Il a la forme d'une ellipse allongée dans la direction du méridien suivant lequel il mesure environ 300 kilomètres, alors qu'il n'en présente que 200 environ de l'Est à l'Ouest. Il est échancré au Sud-Ouest par la baie d'Antongil qui en sépare la presqu'île terminée par le cap Masoala et parcourue en son milieu par une arête montagneuse Nord-Sud.

La ligne de partage des eaux est à peu près sur l'axe médian de l'île, mais par rapport au massif lui-même, elle est rejetée sur son bord occidental. C'est là que se trouve le plus haut sommet de la colonie, le piton trachytique du Tsaratanana (2 880 mètres) avoisiné par d'autres sommets, généralement volcaniques, dépassant 2 100 mètres. Ces hautes montagnes gneissiques, couronnées par des laves, se dressent brusquement au-dessus des sédiments de l'Ouest et au-dessus de la zone forestière gneissique qui est fort vaste sur le versant oriental et présente, sur une large portion de sa surface, des altitudes de 1 200 à 800 mètres, pour s'abaisser ensuite graduellement vers la côte.

1. Afin de faciliter les recherches en l'absence de carte détaillée, j'énumère ici suivant un ordre constant (du Nord au Sud) tous les fleuves et les principales rivières cités dans ce livre ; j'ai placé entre ( ) les principaux affluents et indiqué parfois le nom des localités situées à l'embouchure des fleuves. Par contre, j'ai généralement négligé les cours d'eau dont je n'aurai pas à m'occuper plus loin.

En raison des variations constatées chez les géographes au sujet du genre à attribuer aux cours d'eau, j'ai pris le parti de faire masculins tous les fleuves et féminines toutes les rivières chaque fois qu'il y a divergence à ce sujet.

La région la plus élevée constitue un nœud hydrographique important. Vers le canal de Mozambique descendent la Mananjeby et la Mahavavy du Nord (affluent de droite, l'Antsiatsia) qui ont d'abord un cours Sud-Nord, puis l'Ifasy, le Sambirano, le Maevarano[1] (affluent de droite, le Sandrakoto) enfin la Sofia, coulant d'abord Nord-Sud, avant de prendre la direction Est-Ouest qui se maintient pendant son trajet dans la zone sédimentaire.

Plus nombreux sont les fleuves tributaires de l'Océan Indien : les principaux se nomment : Loky, Manankolana, Manambato, Maintialaka (au Nord de Vohémar), Manambery, Fanambana, Ampanobe (affluent de gauche, Antsakafotsy), Mahanara, Bemarivo (affluent de droite, Androranga), Sahambava, Lokoho, Ankavanana (affluent de gauche, Ankavia) au nord d'Antalaha, Sahamanga, Antaimbalala (affluent de gauche, Amparihy) appelé dans son cours supérieur Manampatra et aux bouches duquel se trouve Maroantsetra, au fond de la baie d'Antongil.

De très nombreux cours d'eau, n'ayant guère plus de vingt-cinq kilomètres, descendent de l'arête centrale de la presqu'île de Masoala, soit vers l'Océan (Anonibe, Lalona, Ampano, Anjanajana, etc.), soit dans la baie d'Antongil (Antalavia, Sahafia, Mahavelona, etc.).

Le Nord du Massif septentrional est habité par les *Antankara*, le Sud par les *Tsimihety* et les *Betsimisaraka* (vers la côte), à l'Ouest par les *Sakalava*.

B. — Hauts Plateaux et leurs abords.

Ce massif qui est strictement le Massif central de l'île débute au col d'Androna et se termine au col d'Ihosy et au pic d'Ivohibe (2 200 mètres). Il convient d'y distinguer une zone centrale, désignée spécialement sous le nom de *Hauts Plateaux,* et les abords de ces Hauts Plateaux.

a. — Hauts Plateaux.

Les Hauts Plateaux, tels que je les définis ici pour la facilité des descriptions ultérieures, sont inscrits dans un quadrilatère compris entre le parallèle de 18° (passant un peu au Sud de Makaraingo et au Nord de Tamatave) et celui du col d'Ihosy, entre la falaise de l'Est et une droite Nord-Nord-Est qui lui est parallèle et passe par Inanatonana. Ce quadrilatère mesure environ 550 kilomètres de longueur sur 150 kilomètres de largeur.

Sauf du côté de l'Ouest, ces Hauts Plateaux se terminent brusquement et souvent en falaises ; à l'Est, c'est la grande falaise bordant la zone forestière. A l'Ouest,

1. Ankaizina est le nom porté par la région irriguée par le haut cours de ce fleuve.

ils s'abaissent graduellement vers le Bongolava qui, du Sud-Ouest de Makaraingo aux abords du Mahajilo, domine de plusieurs centaines de mètres la plaine gréseuse du Betsiriry, puis vers le Bongolava de la région de Janjina. Au Nord, ce sont les hauteurs du Famoizankova, du Tampoketsa d'Ankazobe, la descente rapide des hauteurs d'Anjozorobe sur la plaine du lac Alaotra.

Le mot de plateau ne doit pas faire penser à une surface plane ; en réalité, les Hauts Plateaux sont extrêmement accidentés, bosselés de montagnes innombrables, aux croupes monotones, corrodées et arrondies ou bien hérissées de pointes et dentelées de roches intactes comme la chaîne granitique des Vavavato (de Betafo) et les arêtes de quartzite du mont Bity.

L'altitude des Hauts Plateaux oscille entre 1 400 et 2 500 mètres avec quelques sommets plus élevés. Ces plateaux supportent non seulement le massif volcanique de l'Ankaratra et ses annexes, mais aussi celui de l'Itasy et les quelques coulées du Valalafotsy.

Ici, la ligne de partage des eaux est rejetée vers l'Est par rapport à l'axe de l'île ; elle est couronnée par les cimes volcaniques de l'Ankaratra dont le point culminant est le Tsiafajavona (2 644 mètres), avec les sommets voisins : Tsiafakafo (2 537 mètres), Ankavitra (2 645 mètres), Ambohitrakoholahy, etc.

Les Hauts Plateaux comprennent un certain nombre de régions désignées par des noms distincts : le *Vonizongo* au voisinage d'Ankazobe ; le *Manendy* dans celui d'Anjozorobe ; l'*Imerina* avec Tananarive ; le *Mandridrano* du Nord-Ouest au Sud-Ouest et au Sud du lac Itasy ; le *Vakinankaratra* au Sud du massif de l'Ankaratra et autour de Betafo et d'Antsirabe ; puis, plus au Sud, d'Ambositra jusqu'au delà de Fianarantsoa (au Sud et vers l'Ouest), le *Betsileo* ; enfin le pays *Bara-Iantsantsa* au milieu duquel se trouve le pic d'Ivohibe.

Du Nord au Sud, cette région est habitée par les *Hova,* les *Betsileo* et les *Bara,* puis les *Tanala* dans la forêt, à l'Est du Betsileo.

b. — **Abords des Hauts Plateaux.**

Au Nord des Hauts Plateaux s'étend, jusqu'au col d'Androna, une vaste région ondulée dont l'altitude varie de 800 à 1 000 mètres, sauf en certains points au Nord-Ouest dans le Marofotsy (pic basaltique d'Antongondrahoja) et à l'Est de Tsaratanana (Tampoketsa[1] dominant la cuvette de Lanihay dans la haute vallée du Bemarivo (affluent de gauche de la Sofia) dont l'altitude atteint 1 400 mètres.

1. Nom générique à Madagascar des plateaux horizontaux latéritisés, par opposition aux terres basses environnantes.

Cette région comprend la grande cuvette Sihanaka au fond de laquelle se trouve le lac Alaotra ; elle est remplie de dépôts lacustres quaternaires et se continue vers le Sud par la haute vallée du Mangoro[1] ; ce fleuve coule au pied oriental de la grande falaise vis-à-vis de laquelle se trouve la région encore élevée des Bezanozano (avec Moramanga), au delà de laquelle des gradins successifs conduisent à la basse région côtière.

Toute la zone effondrée qui longe la falaise jusqu'au Mont Ivohibe (2 200 mètres), puis, après une interruption, jusqu'à l'extrémité de la chaîne séparant les deux vallées parallèles de l'Itomampy et de l'Ionaivo, possède les mêmes caractères. C'est le pays *Betsimisaraka* au Nord du Mangoro, le pays *Tanala,* du Mangoro à la Matitanana, puis, plus au Sud, celui des tribus du Sud (*Antaifasy, Antaimorona, Antaisaka*, *Antanosy,* etc.).

On peut y distinguer deux zones ou gradins successifs. Le premier gradin débute au pied de la grande falaise et se termine du côté de l'Est par une seconde falaise moins élevée que la première, et distante de la côte de 35 à 70 kilomètres en allant du Sud au Nord. Il présente des dépressions lacustres comblées par des alluvions qui rappellent celles du Mangoro : c'est la vallée de l'Iantara (affluent du Manampatra) au Nord, et celle de l'Itomampy (affluent de la Mananara) au Sud.

Le second gradin se développe entre la falaise inférieure et un ressaut basaltique limitant les formations éruptives de la côte ; c'est une région basse de petites collines de gneiss latéritisé.

Sur leur flanc occidental les Hauts Plateaux s'abaissent progressivement jusqu'à 700 mètres au voisinage du Bongolava ainsi qu'il a été dit plus haut. Près du Mahajilo, cette bordure du Massif cristallin porte le nom de *Betsiriry,* comme la basse région gréseuse du voisinage.

Au Sud de la Mania, les Hauts Plateaux envoient (au Nord de Midongy) un prolongement de haut relief au milieu de régions moins élevées, et dans la région de Janjina se trouve, sur la bordure des terrains sédimentaires, une étroite bande dont l'altitude atteint 1 200 mètres.

Hydrographie. — Au point de vue hydrographique, les Hauts Plateaux et leurs abords ont beaucoup d'importance ; ils sont l'origine d'un très grand nombre des cours d'eau de l'île.

1. Cette haute vallée est parfois désignée sous le nom de plaine d'Ankay (Ankay pour les indigènes de la forêt, c'est le pays découvert, le pays brûlé : *Any* là où il y a, *hay,* racine du verbe brûler).

Par suite de la situation de la ligne de partage des eaux et de la grande falaise, tous les fleuves descendant à la côte orientale ont un cours relativement peu étendu. Certains ont une orientation Ouest-Est, mais le plus souvent une partie importante de leur cours est dirigée à peu près suivant le méridien par suite de l'existence des rides montagneuses qui sont parallèles à cette direction, puis ils tournent plus ou moins brusquement vers l'Est pour arriver à l'Océan : le Mangoro est le plus typique de ces fleuves. Ils tombent en cascades de gradins en gradins dans cette région si accidentée.

Les principaux de ces fleuves sont les suivants : Fahambahy, Mananara du Nord. Manambato, Fandrarazana, Soamianina et Marimbo (à Soanierana vis-à-vis l'île Sainte-Marie), Manantsatrana, Maningory descendant du lac Alaotra (à 20 kilomètres de la côte, vis-à-vis Fénérive ; ce fleuve prend la direction Sud-Nord, puis revient vers l'Est pour arriver à l'Océan) ; Onibe (au Nord de Foulpointe), Ifontsy, Ivoloina (au Nord de Tamatave), Ivondrona, Iaroka [(affluent de gauche : Rianila (affluents. de gauche, Iampanga, Ronga-Ronga ; de droite, Vohitra)], Sakanila, Manampotsy, Manindra, Ihosy, Mangoro (affluents de droite : Onive, Nosivolo), Lohotra, Vatovandana-Masora (affluent de gauche, Sahantsio), Sakaleona (affluent de gauche : Sahavato), Fanantara, Sahavato, Manampotsy, Mananjary (affluents, de droite, Sahanofa ; de gauche Ampoasary, Saka, Maha), Fanoriana, Namorona, Faraony, Mananana, Matitanana (affluents, de droite, Rienana ; de gauche, Sandrananta).

Les fleuves tributaires du canal du Mozambique et leurs affluents ont un plus long parcours que les précédents ; ils atteignent parfois plusieurs centaines de kilomètres ; ils irriguent non seulement le Massif cristallin, mais encore la région sédimentaire. Dans les abords Nord des Hauts Plateaux, ils ont une orientation moyenne Nord-Ouest, tels sont l'Anjobony et le Bemarivo, affluents de gauche de la Sofia, la Mahajamba dont le moyen cours a été capturé par le Kamoro, affluent de droite de la Betsiboka (affluents de droite, Betsioka et Manasomby) et aussi la Betsiboka et son affluent de gauche l'Ikopa [affluents, de gauche Katsaoka (affluent Andromba), Onibe (affluent Ombifotsy)] qui, descendant des Hauts Plateaux, forme la limite du Voninzongo et du Valalafotsy, et passe à Tananarive. Le haut cours seul de la Mahavavy se trouve sur les bords du Massif cristallin, elle vient des contreforts du Famoizankova.

Les fleuves situés plus au Sud ont un haut cours Est-Ouest : le Manambolo, le Mahajilo [affluents de gauche, Sakay (reçoit à gauche la Lily, émissaire du lac Itasy qui reçoit lui-même la Varana) et Kitsamby] qui se réunit à la Mania (affluents de droite Andrantsay, Manandona) pour former, dans la région sédimentaire, la Tsiribihina ; puis le Mangoky (appelé Matsiatra dans son haut cours) et ses

affluents de gauche: Mananantanana, Ranomaitso (formé par la réunion du Zomandao et de son affluent de gauche, l'Ihosy).

C. — *Massif méridional.*

Au Nord-Ouest et à l'Ouest du col d'Ihosy, le plateau de l'Horombe[1] forme la soudure de l'extrémité méridionale des Hauts Plateaux avec le Massif des Vohimainty, se prolongeant jusqu'à l'extrémité de l'île. Celui-ci comprend d'abord (au Sud-Est et au Sud-Ouest de Betroka) des chaînons Nord-Sud renfermant des hauteurs supérieures à 1 400 mètres ; ils viennent s'unir au massif de l'Ivakoany (1 644 mètres) dont certains sommets dominent de plus de 1 000 mètres la plaine où se trouvent les villages de Tsivory et de Tamotamo. Un autre chaînon, également Nord-Sud, se développe parallèlement au précédent à l'Est de Midongy-du-Sud et se prolonge jusqu'au Nord-Ouest de Fort-Dauphin dans le *pays Antanosy* avec certains sommets dépassant 1 900 mètres : Andohaela (1 979 mètres).

Les régions qui enveloppent ces hauteurs du côté de l'Est (*pays Bara-Vinda*), du Sud-Ouest (*pays Mahafaly*) et du Sud (*pays Antandroy*) sont constituées par des plateaux abrasés dont l'altitude tombe d'abord de 800 à 400 mètres, puis fort au-dessous, quand on s'éloigne dans la direction de la mer. Sur le bord même du massif, dans le pays Mahafaly, les gneiss sont dominés de plus de 100 mètres par une falaise de calcaires éocènes et quaternaires.

Le grand volcan Antandroy se trouve au Sud de la chaîne de l'Ivakoany dans la zone d'altitude voisine de 400 mètres.

Hydrographie. — Là encore les cours d'eau sont nombreux. A la côte orientale, à Farafangana, aboutissent le Manampatra (son haut cours s'appelle l'Iantara) (affluent de gauche Manambavana) et le Manambato. Plus au Sud, se trouve le Takoandro, le Manatsimba, le Mananivo, la Mananara du Sud [dont le haut cours, portant le nom de Menarahaka, est parallèle à celui de l'Ihosy (affluent du Mangoky qui coule en sens inverse) ; affluents de gauche, l'Ianoria, le Manambato ; son autre affluent de gauche, la Ranomena (descendant du pic d'Ivohibe), se remarque sur le prolongement de l'affluent de droite, l'Itomampy, qui passe à Midongy[2] :

1. Le plateau déchiqueté de l'Horombe a une altitude moyenne de 1 300 à 1 400 mètres, il mesure environ 80 kilomètres du Nord au Sud et 25 de largeur ; il est limité à l'Est par la vallée de l'Ihosy et se dresse brusquement à l'Est au-dessus du bassin de l'Onilahy.

2. Ce sont là de beaux exemples de vallées longitudinales parallèles aux plissements ; il en existe beaucoup d'autres dans cette partie de l'île ; c'est ainsi que pendant 100 kilomètres le Mangoky, l'Ionaivo (affluent de la Mananara) et l'Itomampy courent au fond de profondes vallées dans des directions parallèles entre elles et aux plissements.

un affluent de gauche de la Mananara est la Manambia]; puis le Masianaka, le Manambondro, l'Isandra, le Manampanihy (à Manantenina).

Il faut citer ensuite le fleuve se jetant dans le canal du Mozambique, l'Onilahy (dans son haut cours, à Betroka, il porte le nom de Mangoky du Sud) et ses affluents [de droite, l'Imaloto (affluents: Hazofotsy, Lalana), Sakamare, Teheza, Sakondry; de gauche, Isoanala, Ianapera, Sakamena, Menarandroy)] puis les fleuves qui se dirigent vers le Sud et dont les hauts cours n'irriguent que les parties périphériques du Massif: Linta (affluent de gauche, Manakaralahy), Menarandra, Manambovo, Mandrare, Tarasy (se déversant dans le lac d'Anongy), Fanjahira.

II. — RÉGIONS SEPTENTRIONALE ET OCCIDENTALE

La partie de Madagascar essentiellement constituée par des sédiments et des roches volcaniques est beaucoup plus diverse que le Massif cristallin, de constitution géologique moins variée. Il n'est guère possible de décrire même sommairement son orographie et son hydrographie, sans s'appuyer sur la connaissance de sa constitution géologique; aussi serai-je ici extrêmement bref et anticiperai-je sur les paragraphes consacrés à l'étude des sédiments et des roches volcaniques. A l'exception de l'Extrême-Nord (*Pays Antankara*) et de l'Extrême-Sud (*Pays Mahafaly*), cette vaste région est surtout habitée par les *Sakalava*.

A. — *Extrême Nord.*

L'Extrême-Nord (cf. carte, page 81) est constitué par la presqu'île du Bobaomby, reliée au reste de l'île par l'isthme du Courrier. Cette presqu'île est profondément découpée, surtout sur sa côte occidentale; la côte orientale est bordée par des récifs coralliens soulevés, creusés d'étroits chenaux; c'est une région de pitons en ruines, couronnés par des lambeaux de coulées basaltiques qui ont préservé contre l'érosion les sédiments sous-jacents. Leur altitude maximum ne dépasse pas 290 mètres.

La vaste baie de Diego-Suarez est entaillée dans le Bobaomby et limitée au Sud, par des sédiments qui forment, au Nord et à l'Est (Montagne des Français, mont Raynaud, Analatamba), l'entourage du Massif d'Ambre, accumulation de tufs et de coulées basaltiques dont le point culminant (Pic d'Ambre) atteint 1360 mètres). Ce massif, parsemé de *puys* tout à fait intacts, est creusé dans toutes les directions par des ravins par lesquels se sont écoulées des laves très récentes; ce massif volcanique qui est décrit page 79 est séparé des sédiments, se développant plus au Sud par les vallées du Rodo à l'Est et de l'Andranomandevy à l'Ouest.

B. — *Bordure du Massif cristallin.*

Les sédiments qui flanquent le Massif cristallin au Nord et à l'Ouest, depuis le Massif d'Ambre jusqu'à l'Extrême-Sud présentent des caractéristiques géologiques d'ensemble qu'il y a lieu de mettre en évidence[1] dès maintenant; les sédiments qui les constituent, à l'exception des plus récents (quaternaires), plongent toujours légèrement vers la mer. Ils sont coupés plus ou moins parallèlement au rivage par deux lignes de dépression, l'une sur la limite du Crétacé et du Jurassique moyen, l'autre sur le Lias-Trias, en contact avec le Massif cristallin[2]. Ces deux zones de dépression sont bordées du côté de l'Ouest, par deux lignes de ressaut ayant de 100 à 800 mètres de hauteur. Ainsi sont délimités de vastes plateaux, inclinés en pente douce vers la mer et se terminant par des falaises du côté opposé. Leur surface est plane ou plus ou moins déchiquetée par l'érosion, selon la nature des sédiments qui les constituent. Les fleuves qui les traversent et qui, pour la plupart, ont leur origine dans le Massif cristallin, y creusent des gorges profondes sur leur limite orientale et s'étalent au contraire, au milieu de vastes plaines en traversant les deux dépressions que drainent ordinairement de puissants affluents dont le cours est dirigé perpendiculairement à celui des fleuves.

Là où abondent les roches volcaniques, celles-ci forment parfois des plateaux, plus souvent des collines et des montagnes, coniques et distribués sans ordre apparent au milieu de sédiments d'âge divers.

Dans ce qui va suivre, je passerai rapidement en revue les différentes régions, en suivant le même ordre, c'est-à-dire en allant du Massif ancien à la mer. Je donne page 53 un aperçu de la limite des formations suivies d'une extrémité de l'île à l'autre.

a. — Région du Nord.

De Vohémar à la presqu'île d'Ambato. — La dépression triasique est irriguée par la partie inférieure du cours de la Loky, sur le versant oriental et par la partie moyenne de celui de l'Ifasy, sur le versant occidental. Le ressaut formé par le Lias et le Jurassique moyen est surtout gréseux, il constitue les chaînes d'Andrafiamena, d'Andavakoera, d'Ambohipiraka, de Kalobenono.

1. Je suis redevable des remarques qui suivent à M. Perrier de la Bathie ; je n'ai visité moi-même que la région comprise entre l'Extrême-Nord et la région de Maromandia.
2. On trouvera page 54 des précisions sur cette « dépression permo-triasique » qui est un des traits les plus curieux de la topographie de la région sédimentaire de l'île (Cf. Perrier de la Bathie [206]).

Le plateau jurassique, en partie effondré, est en contact avec les laves de la Montagne d'Ambre; son extrémité méridionale est constituée par la muraille d'Ankarana, l'une des curiosités de l'île, muraille calcaire à pic, haute de 100 mètres, large de 2 à 300 mètres, qui se prolonge sur 25 à 30 kilomètres, ouverte çà et là de portes par quoi passent des rivières.

Plus au Sud, jusqu'à la pointe d'Ambato et même jusqu'à la baie d'Ampasindava, se développe, dans le pays des *Antankarana,* une plaine basse constituée par des alluvions extrêmement fertiles.

b. — Région d'Ampasindava.

De la pointe d'Ambato jusqu'à Maromandia, se développe une région irriguée par le Sambirano, la Jangoa, la Joja, la Berondra et le Manongarivo. C'est celle que je décrirai plus loin sous le nom de province pétrographique d'Ampasindava. Elle comprend essentiellement la presqu'île d'Ampasimena, montagneuse et boisée, à peine explorée au point de vue géologique, dont le sommet, l'Ambohimirahavavy (les Deux Sœurs) atteint 753 mètres. C'est une région très abrupte de calcaires et de grès, traversés par des intrusions de roches éruptives des plus variées. La partie comprise entre la presqu'île et le Massif cristallin est formée par une série de collines gréseuses ou calcaires boisées, d'altitude très inégale, riches en dykes et aussi de véritables chaînes syénitiques ou granitiques, aux parois escarpées (Antsatrotro, massif de Bezavona, Bekotapo, Ankitsika, etc.).

Nosy[1] Komba et la pointe de Lokobe, extrémité Sud-Est de Nosy Be, très abruptes, très boisées et d'exploration difficile, sont constituées par des roches intrusives et des lambeaux sédimentaires métamorphisés; tout le reste de Nosy Be est un entassement de scories et de laves, avec des puys basaltiques très bien conservés (voir page 84).

c. — Région du Nord-Ouest.

Entre Maromandia et la Namota. — La dépression triasique est peu développée entre l'Est de Maromandia et la Sofia; elle est drainée plus au Sud par le cours inférieur de l'Ikopa et par son affluent de gauche la Menavava, puis par la Mahakamba, affluent de gauche de la Mahavavy. Le ressaut Lias-Jurassique moyen, à peine indiqué au Nord de la Betsiboka, s'accuse plus au Sud, où il est couronné par des calcaires coralliens. Il tourne vers l'Ouest à partir du col de Kadosy, et diminue

1. *Nosy* signifie île.

de hauteur en s'approchant de la mer sur la limite Nord du cap Saint-André. Entre la Betsiboka et la Mahavavy, il constitue les crêtes de l'Ankara, du Beronono et de l'Ikavo, à l'Ouest de la Mahavavy ; ces dénominations sont appliquées aussi bien à la falaise qu'aux plateaux limités par elle. Ces vastes plateaux jurassiques, à surface rocailleuse, légèrement inclinés vers la mer, se développent au Nord de la Betsiboka ; ce sont de véritables causses (Ankara, Ikavo, Andranomavo).

La dépression du Jurassique moyen est drainée par la Befotaka et une partie de la Loza, au Nord d'Analalava, puis du Nord au Sud, par l'Iabohazo (affluent de gauche du Bemarivo), par le bas Kamoro (affluent de droite de la Betsiboka), par l'Iabohazo (affluent de gauche du même fleuve) et enfin par la Kapiloza, petite rivière, affluent de la Namota.

Quant au ressaut infracrétacé, généralement très sablonneux et recouvert par du basalte, il constitue les chaînes du Manasamody, du Bongolava (du Boina), de l''Ankarafantsika, de l'Anjia.

Sauf dans les endroits, où elles sont recouvertes par les basaltes (plateaux rocailleux et stériles), les séries arénacées du Crétacé sont généralement découpées en collines irrégulières, toujours limitées par un versant plus abrupt du côté opposé au plongement de leurs couches. Quant aux séries calcaires du Sénonien et du Tertiaire. elles constituent de petits plateaux, très analogues aux causses jurassiques.

d. — Région du cap Saint-André.

Entre la Namota et le Ranobe. — Cette région présente le même aspect d'ensemble que celle d'Ampasindava, montagnes et collines coniques, disposées sans ordre apparent. Entre des cimes volcaniques ou intrusives [mont Ambohitrosy (783 mètres), etc.], se voient des lambeaux de calcaire liasique reposant sur le Trias ou les schistes cristallins de l'Ambongo. Une série de gisements volcaniques est alignée sur la limite de la région sédimentaire du Nord-Ouest, une autre sur celle de la région occidentale.

Des dunes récentes, s'accroissant très rapidement par des apports de la mer, constituent le cap Saint-André.

Cette région est irriguée par le Manomba, le Sambao, le Manangoza.

e. — Région de l'Ouest et du Sud-Ouest.

La dépression triasique est irriguée par le Manambolomaty, affluent de droite du Manambolo, par la Sakeny et la basse Mania, la Menamaty (affluent de gauche du

Mangoky) et l'Onilahy, entre son confluent avec l'Imaloto et avec le Sakamare.

Le ressaut Lias-Jurassique moyen, couronné par les calcaires coralliens sur le Bemaraha, s'amincit beaucoup sur l'Ambalimba (Sud de la Tsiribihina), puis disparaît ensuite pour faire place à des grès qui constituent les chaînes du Makay (974 mètres) et de l'Isalo (1 200 mètres). Ces grès s'atténuent plus au Sud puis disparaissent progressivement.

L'Antsingy (entre le Ranobe et la Tsiribihina), qui est limité à l'Est par la falaise du Bemaraha, est entièrement constitué par des calcaires coralliens jurassiques, sculptés en lapiaz. Au Sud de la Tsiribihina, se trouvent de grands plateaux jurassiques rappelant les causses du Nord-Ouest, mais ils sont plus gréseux. Au Sud du Mangoky, où le calcaire devient plus rare, le Jurassique constitue, dans l'Ouest, des collines peu saillantes, tandis que vers l'Est elles prennent des formes déchiquetées et ruiniformes. Le facies de causses, avec revêtement calcaire, réapparaît au Sud de l'Onilahy (environs de Betioky).

La dépression du Jurassique supérieur, peu indiquée entre le Ranobe et la Tsiribihina, s'accentue entre ce fleuve et l'Onilahy pour disparaître ensuite ; elle est irriguée par des rivières puissantes, surtout entre le Mangoky et l'Onilahy : Sakanavaka (rivière d'Ankazoabo), Ilona, Sakondry et aussi par le Fiherenana.

Le ressaut infracrétacé est constitué par des collines de sables et de marnes entre le Ranobe et la Tsiribihina ; ces collines deviennent plus saillantes, plus continues, plus sableuses, entre la Tsiribihina et le Mangoky. Au delà et jusqu'à l'Onilahy, elles s'élèvent encore, les grès et les calcaires dominent, alors qu'au Sud de l'Onilahy elles diminuent d'altitude pour disparaître sur la Linta. Elles sont constituées plus au Sud par le ressaut qui limite à l'Est le plateau éocène du Sud.

Les plateaux crétacés et tertiaires sont découpés en petites collines dans les séries arénacées, ou présentent un aspect de causses, là où se trouvent des basaltes (entre le Ranobe et la Tsiribihina). Dans cette région le Tertiaire est dispersé en îlots sur la côte.

Au Sud de la Tsiribihina, c'est encore le même facies pour les sables, avec l'aspect de causses jurassiques dans les calcaires tertiaires qui, à partir du Mangoky, prennent de plus en plus d'importance.

f. - **Extrême-Sud.**

De l'Onilahy à la Linta, le plateau éocène, avec les mêmes caractères de causse, s'adosse à l'Est à de petites collines irrégulières, qui représentent les extrémités méridionales des séries plus anciennes. Ses limites occidentales constituent au contraire une falaise continue, dominant d'une soixantaine de mètres les sédiments

littoraux. Au Sud de la Linta, le plateau, limité à l'Est par un ressaut dominant la pénéplaine métamorphique du Sud et à l'Ouest par la même falaise que plus au Nord, se rétrécit de plus en plus et se termine en pointe au cap Sainte-Marie.

Entre l'Eocène et la mer, des dunes, avec souvent des massifs étendus de travertins calcaires à *Æpyornis*, forment une bande presque continue de 5 à 6 kilomètres de largeur moyenne. Il faut y signaler le lac Tsimanampetsotsa.

Entre le cap Sainte-Marie et Fort-Dauphin des sédiments récents, d'origine lacustre, fluviatile ou marine, couvrent ce pays très plat jusqu'à une assez grande distance de la mer, d'abord en taches sporadiques, laissant souvent apercevoir le métamorphique sous-jacent, puis, vers le littoral, en couches plus épaisses et plus continues.

Dans l'ensemble, l'Extrême-Sud est surtout caractérisé par l'absence de relief, le manque d'eau et la végétation xérophile toute spéciale qui le recouvre.

III. — CÔTE ORIENTALE

Au Nord de la presqu'île se terminant par le cap Masoala, la côte est orientée Nord-Nord-Ouest. Les sables, les dunes et les lacs côtiers (lacs d'Andohabe au Sud de Sahambava; d'Ampahana, au Nord d'Antalaha) n'y manquent pas, mais les schistes cristallins et les roches volcaniques y affleurent parfois jusque dans la mer (presqu'île de Masoala, environs d'Antahala, de Vohémar), ainsi qu'au Sud de Masoala, entre Fénérive et Maroantsetra (Fénérive, Mananara, cap Tanjona, etc.).

Toute la partie de la côte orientale à direction Nord-Nord-Est, au Sud de Fénérive, est plate, sableuse et bordée sur une grande partie de sa longueur par des lagunes; celles-ci sont séparées de l'Océan par des dunes peu élevées. Ces lagunes, tantôt élargies en lacs[1] et tantôt extrêmement resserrées, sont séparées par des seuils, les *pangalanes*, dont quelques-uns ont été entaillés par des canaux servant à la navigation. Cette côte est caractérisée par des sables et quelques lambeaux crétacés.

IV. — DÉPENDANCES DE MADAGASCAR

La Colonie de Madagascar possède quelques dépendances d'importance très inégale à tous égards.

L'*Archipel des Comores* lui est rattaché aussi bien géographiquement que poli-

1. (Lacs Nosy-Ve, Zanakingetra, Ampitambe, Rasoabe entre Tamatave et Andovoranto ; lac Ihosy au Nord de Mahanoro ; lacs Andranobe, Ibangy, Analampotsy, Mahela au Nord de Mananjary, etc.).

tiquement. Il est situé au Nord du canal de Mozambique, à distance à peu près égale de l'extrémité septentrionale de la Grande Ile et de la côte africaine. Il est orienté à proximité d'une ligne joignant Nosy Be au cap Delgado et qui, au moins du côté de Madagascar, est jalonnée par une série de hauts fonds, sur lesquels se trouvent toute une série de bancs de coraux (Bancs du Geyser, du Castor, du Voltigeur, de Leven et, plus au Nord, Iles Glorieuses).

Les Comores comprennent quatre îles, au voisinage desquelles se trouvent quelques îlots. Ce sont, de l'Est à l'Ouest : Mayotte, Anjouan, Mohély et la Grande Comore. Elles sont entourées de récifs frangeants qui sont implantés directement sur leur rivage, à l'exception toutefois de Mayotte : celle-ci est entourée d'un anneau corallien extérieur continu, sauf en certains points où s'observent des passes donnant accès à un chenal périphérique, aux eaux tranquilles, qui fournit de bons mouillages.

Toutes les Comores sont volcaniques et montagneuses. Mayotte (370 kilomètres carrés) est formée de pitons (680 mètres comme maximum) creusés de profonds ravins ; elle est flanquée vers l'Est de la petite île de Pamanzi, près de laquelle est l'îlot où est construit Dzaoudzi.

Anjouan (378 kilomètres carrés) est constituée par une accumulation de pitons que domine le pic d'Anjouan (1 600 mètres).

Mohély (231 kilomètres carrés), plus petite et plus basse (altitude maximum 900 mètres), a une structure analogue, mais ne présente pas de sommet remarquable.

Toutes ces îles, recouvertes d'argile latéritique, sont boisées jusqu'aux crêtes.

La Grande Comore (1 102 kilomètres carrés), qui mesure 54 kilomètres du Nord-Nord-Ouest au Sud-Sud-Est et 18 de l'Est à l'Ouest, est constituée dans sa partie méridionale par le grand volcan actif du Karthala (2 400 mètres) qui a couvert de ses laves, à surface désertique, une partie du reste de l'île. Tout ce qui n'a pas été dévasté par les éruptions récentes est recouvert par la luxuriante végétation qui caractérise le reste de l'Archipel.

Quant aux *Iles Glorieuses,* consistant en deux îlots coralliens qui se dressent à une douzaine de mètres au-dessus d'un récif, elles se trouvent à 140 milles Nord 72° Est de Mayotte et à 110 milles Nord 77° Ouest du Cap d'Ambre.

Les Comores renferment une centaine de mille d'habitants ; les autres dépendances de Madagascar sont désertes, fréquentées seulement de temps en temps par quelques pêcheurs de tortues ; elles n'ont qu'une importance géographique et seulement un petit intérêt économique, en raison des gisements de phosphates récents que renferment certaines d'entre elles.

A l'Ouest-Sud-Ouest du cap Saint-André, il faut citer l'*îlot Chesterfield*, grosse roche noire de nature indéterminée qui domine d'une sixaine de mètres le niveau moyen de la mer et qui se dresse au milieu d'un récif.

L'*Ile Juan de Nova* est située à environ 26 milles à l'Ouest de la partie extérieure du banc de Pracel le long de la côte, entre le cap Saint-André et Beravina. Les *Iles Barren* se trouvent au Sud-Sud-Est de Maintirano. Il en sera question, à l'occasion de leurs gisements de phosphates.

L'*Ile Europa* est perdue dans la partie resserrée du canal de Mozambique, par le travers du cap Saint-Vincent et plus près de Madagascar que de la côte africaine. C'est une île corallienne circulaire d'une altitude maximum de 24 mètres, ayant environ 6 kilomètres de diamètre. A 65 milles Nord 37° Ouest de là, se trouve le récif corallien circulaire de *Bassas da India*, d'environ 15 kilomètres de diamètre ; il est pourvu d'un lagon dont les eaux vertes tranchent violemment sur le bleu indigo de la mer extérieure.

V. — GÉOGRAPHIE ADMINISTRATIVE

Quelques renseignements sommaires de géographie économique peuvent trouver leur place ici.

Dans un pays en voie d'organisation, tel que Madagascar, les divisions administratives sont sujettes à changement, aussi bien, dans la mesure du possible, n'ai-je fait allusion dans ce livre à aucune d'entre elles, renvoyant seulement à des entités géographiques, afin de situer les noms de lieux cités.

La Colonie est divisée actuellement en 21 provinces. Elles sont dirigées, sous l'autorité du Gouverneur général résidant à Tananarive, par des administrateurs en chef ou des administrateurs des Colonies ; elles sont elles-mêmes subdivisées en 81 districts, commandés par des administrateurs-adjoints des Colonies : enfin les districts renferment une soixantaine de postes administratifs.

Des renseignements détaillés sur l'Administration de la Colonie sont donnés chaque année par l'*Annuaire général de Madagascar et dépendances*[1].

Population. — La population européenne de Madagascar est d'environ 18 000 habitants dont les neuf dixièmes sont Français. Les asiatiques (chinois, indous) et africains sont au nombre d'environ 6 500. D'après le recensement de 1918, la

1. Tananarive, *Imprimerie officielle*. Voir aussi une notice de M. Gaston Pelletier, publiée par le Service de la propagande de la Colonie (Paris, librairie Rosier).

population malgache s'élève à 3 487 143 habitants se répartissant en une vingtaine de peuplades ; les noms des principales d'entre elles ont été cités dans l'énumération des régions qu'elles habitent. Parmi elles, les Hova, les anciens maîtres du pays, occupent une place prépondérante par le degré de leur civilisation. C'est leur langue qui est la plus répandue dans l'île.

Moyens de communication. — Tananarive est reliée au port de Tamatave par une voie ferrée de 369 kilomètres. Une ligne en construction réunira Tananarive à Antsirabe, qui se trouve à 160 kilomètres de la capitale. Les dix-sept premiers kilomètres sont livrés à la circulation. Des automobiles font ensuite le service jusqu'à Fianarantsoa, Mananjary, Ambalavao, sur près de 600 kilomètres.

D'autres services d'automobiles fonctionnent : entre Tananarive et Maevatanana (346 kilomètres) [avec prolongation jusqu'à Majunga (245 kilomètres) par un service régulier de chaloupes à vapeur sur la Betsiboka] ; entre Tananarive et Miarinarivo (99 kilomètres) ; entre Diego-Suarez et le cap d'Ambre (37 kilomètres) ; entre Diego et Ambilobe [route des placers (138 kilomètres)]. Un tramway fonctionne entre Moramanga et le lac Alaotra.

Enfin, toute une série de routes, sur lesquelles peuvent circuler les pousse-pousse, relient les provinces entre elles et les localités principales aux chefs-lieux. Les transports à travers l'île se font encore en grande partie en filanjana le long de pistes dont est sillonnée la brousse.

Il reste à signaler le canal des Pangalanes qui, sur la côte orientale, permet d'aller d'Ivondrona (près Tamatave) à Brickaville (136 kilomètres) par bateaux à vapeur et d'Andovoranto à Mananjary et à Anosindravina par pirogues.

Sur la côte, un service de navigation est assuré par de petits vapeurs de la Compagnie des Messageries Maritimes entre les divers ports de l'île, qui sont les suivants, en allant du Nord au Sud ; *côte occidentale*, Nosy Be, Analalava, Majunga, Namela, Maintirano, Morondava, Ambohibe, Tuléar, puis sur la *côte orientale* : Diego-Suarez, Vohémar, Sainte-Marie, Tamatave, Andovoranto, Vatomandry, Mahanoro, Mananjary, Farafangana, et enfin dans l'Extrême-Sud, Fort-Dauphin.

Un service régulier de navigation assure les relations entre la France et Madagascar ; il est concédé à la Compagnie des Messageries Maritimes et à la Compagnie Havraise Péninsulaire, qui desservent aussi les Comores.

La capitale est reliée par le télégraphe aux principales localités de l'île. Il existe

deux câbles sous-marins entre Majunga et Mozambique, entre Tamatave et la Réunion. La communication avec les Comores se fait par radiotélégraphie.

Notons en terminant qu'il existe à Tananarive une Chambre des mines qui publie un intéressant *Annuaire* et en outre quatorze chambres consultatives du commerce, de l'industrie et de l'agriculture dans les principales villes de la Colonie : Tananarive, Tamatave, Diego-Suarez (Antsirane), Nosy Be, Dzaoudzi (Mayotte), Majunga, Tuléar, Farafangana, Fianarantsoa, Mananjary, Vatomandry, etc.

CHAPITRE II

ESQUISSE GÉOLOGIQUE

Trois grandes divisions peuvent être établies dans la constitution géologique de Madagascar les deux premières correspondant aux grandes divisions géographiques signalées plus haut. Une portion, comprenant l'axe de l'île et toutes les régions élevées, portion formant les trois quarts de la Colonie, consiste essentiellement en schistes cristallins et en roches éruptives intrusives ou filoniennes ; c'est le *Massif cristallin*. Une vaste région *sédimentaire* est adossée vers l'Ouest à ce massif ancien qui, du côté de l'Est, sur le bord de l'Océan, présente en outre une étroite frange sédimentaire très localisée.

Enfin, sur ce Massif cristallin, aussi bien que dans les régions de sédiments, s'observent quelques intrusions et beaucoup d'épanchements *volcaniques* dont l'âge est échelonné du Crétacé au début de la période actuelle.

Chacune de ces divisions va être successivement passée en revue dans autant de paragraphes distincts.

I. — RÉGION DES SCHISTES CRISTALLINS

J'ai réuni plusieurs milliers d'échantillons de roches du Massif cristallin ; ils proviennent de toute l'étendue de l'île, mais ils y ont été recueillis avec une densité fort inégale. Aussi, tandis que l'on peut supposer que pour certaines régions, comme l'Ankaratra, le Betsileo, l'Extrême-Sud, la côte Nord-Est par exemple, les documents étudiés donnent une idée satisfaisante de la constitution lithologique du pays, pour d'autres, au contraire, le nombre des échantillons est si faible que l'on doit s'attendre pour l'avenir à des compléments et peut-être même à des corrections importantes.

A. — *Structure géologique.*

Si malgré ces réserves, je suis assez bien documenté pour une première esquisse lithologique de l'île, il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit de sa stratigraphie et, *a fortiori*, de sa tectonique[1]. Un petit nombre seulement de régions ont été parcourues par des géologues ; pour les autres, les roches étudiées ont été recueillies sans aucune préoccupation géologique par des officiers, des fonctionnaires, des prospecteurs. D'ailleurs, la forêt tropicale, la steppe herbeuse, le manteau de terre rouge sont pour ce genre d'étude de terribles ennemis, et les courses rapides en filanjana, effectuées suivant des itinéraires imposés par les nécessités du voyage, n'ont permis, jusqu'ici, même aux spécialistes autorisés, de recueillir que bien peu de renseignements précis sur les rapports que présentent entre elles les diverses roches qui vont être décrites.

L'interprétation d'un nombre infime de coupes, relevées à d'énormes distances les unes des autres, ne pourrait actuellement servir de base qu'à un « roman géologique » pour lequel je ne me sens aucune attirance ; aussi laisserai-je aux géologues qui, dans l'avenir, exploreront la Colonie le soin d'esquisser un premier essai d'interprétation[2], ne voulant pas compromettre par de fragiles hypothèses la solidité de l'exposé lithologique et minéralogique de mes observations. Dans les circonstances actuelles, je ne puis que chercher à constituer un point de départ aux recherches ultérieures. Je tenais à motiver les causes de mon abstention à cet égard.

Quelques mots de généralités seulement suffiront donc pour l'instant.

Les schistes cristallins ont une direction moyenne oscillant autour du méridien, entre le Nord-Est et le Nord-Ouest. Assez rarement ils présentent une orientation Est-Ouest. Leur plongement est souvent voisin de la verticale. Fort exceptionnelles sont les couches plus ou moins horizontales et celles-ci ont été trouvées surtout dans la zone effondrée, entre la grande falaise de l'Est et la falaise inférieure ; elles sont en moyenne inclinées de 10 à 20° sur l'horizontale avec plongement vers l'Ouest[3] dans cette région morcelée par des failles ; il est rare de pouvoir

1. L'intensité des phénomènes d'écrasement des roches de certaines parties de la bordure du Bongolava (région voisine d'Ambatomainty) mérite d'appeler l'attention à ce point de vue.

2. M. Perrier de la Bathie poursuit actuellement des recherches qui constituent le début de cette seconde phase de l'histoire de la géologie du centre de Madagascar.

3. Cette zone de gneiss presque horizontaux, limités par des failles, est comprise entre les gneiss de la grande falaise et ceux du gradin inférieur qui sont plus ou moins rapprochés de la verticale avec plongement également vers l'Ouest.

y trouver cette continuité d'allure sur de vastes espaces, qui est si fréquente dans le reste du Massif cristallin. D'ailleurs dans cette zone, je n'ai guère voyagé moi-même que dans la portion couverte par la forêt et où par suite les observations de cet ordre sont presque impossibles ; je donne donc cette remarque sous l'autorité de M. Perrier de la Bathie qui a bien voulu relever pour moi dans ses cahiers de voyage toutes les observations de direction de couches recueillies par lui le long des itinéraires dont il a sillonné l'île, du Nord au Sud. Je fournirai plus loin dans la description régionale des indications à cet égard, quand elles présenteront un certain caractère de fixité.

On peut résumer ce qui vient d'être dit plus haut en quelques mots. Les schistes cristallins constituent des plis très aigus arasés, redressés, pressés les uns contre les autres, parfois renversés ; leur direction oscille autour du méridien, du Nord-Est au Nord-Ouest, avec des inflexions Est-Ouest relativement rares.

B. — *Constitution lithologique et succession géologique.*

Il n'est pas aisé d'établir des divisions chronologiques au milieu de ce complexe dans lequel je ne ferai provisoirement que trois coupures.

a. — Schistes d'Andrarona.

Je connais depuis peu, grâce à M. Rouaix, une petite région située dans le bassin de l'Andrarona, à l'Ouest d'Antalaha, c'est-à-dire dans la région côtière du Nord-Est ; elle est formée de schistes et de quarzites noirs, carburés, traversés par des filons de quartz quelquefois aurifère. Ces sédiments, d'une cristallinité très faible, sont certainement paléozoïques et probablement antepermiens ; l'absence de fossiles ne permet pas de préciser leur âge. Dans la presqu'île que termine le cap Masoala, située plus au Sud, il existe des schistes carburés analogues, se chargeant de chiastolite au contact du granite ; ils doivent sans doute être rapportés à la même série ; c'est certainement au milieu d'elle qu'il y aurait lieu d'entreprendre les recherches persévérantes qui amèneront peut-être à dater pour la première fois des sédiments dans le Massif ancien.

b. — Série sédimentaire métamorphisée et roches intrusives.

Plus importante par sa masse, par son extension géographique et par sa complexité lithologique, est une série de roches schisteuses, de cristallinité très iné-

gale. allant depuis des phyllades, des schistes micacés à petits éléments jusqu'à de véritables micaschistes, et comprenant en outre des quartzites et enfin des calcaires cristallins.

Cette série est incontestablement sédimentaire. L'existence au milieu d'elle, au moins dans une région (Bemahazembina), de schistes carburés à chiastolite, semblables à ceux signalés plus haut, est doublement intéressante. Elle fait penser que cette série n'est pas nécessairement plus ancienne, au moins en partie, que les schistes d'Andrarona et qu'elle n'en est peut-être qu'un facies plus métamorphique [1]. Elle donne d'autre part la clé de l'origine sédimentaire du graphite qui abonde dans les micaschistes de l'île.

Quand les études de détail seront possibles, des divisions seront certainement établies dans cette série, mais, dès à présent, on peut signaler que, suivant les régions considérées, ou bien les schistes, les quartzites et les calcaires sont associés à peu près en égale proportion (région Sahatany — mont Bity), ou bien l'une de ces formations domine (quartzites, entre la Mania et Midongy) ou même existe à peu près seule (micaschistes, entre la Matsiatra et Midongy; Sud-Est d'Antsirabe; schistes à séricite de la Maha).

Cette série renferme un grand nombre d'intrusions et de filons de roches éruptives des plus variées (granites, pegmatites, gabbros, diabases, péridotites, etc.) dont l'origine profonde n'est pas douteuse et qui déterminent sur leur pourtour des auréoles métamorphiques souvent importantes.

Tantôt ces roches éruptives sont intactes, au double point de vue minéralogique et structural, et tantôt elles ont subi des modifications qui seront longuement décrites dans le tome II et qui les ont transformées *progressivement* en schistes cristallins (région située entre la Mania et la Matsiatra en particulier). L'étude de cette évolution est d'une importance capitale pour l'interprétation de la série suivante.

c. — **Série gneissique.**

La plus grande partie du Massif cristallin est constituée par une série très compréhensive, à facies gneissique. On y trouve comme types dominants des gneiss peu micacés, parfois sans mica, généralement un peu amphiboliques ou pyroxéniques, rubanés et non pas schisteux, mais, dans bien des régions, ces roches sont accompagnées de gneiss très micacés et par suite schisteux, passant à des micaschistes, puis de véritables micaschistes, associés aussi à des quartzites, à des calcaires

1. Ces schistes carburés pourraient être aussi de l'âge de ceux d'Andrarona et être pincés dans un synclinal de schistes micacés.

cristallins et à des roches silicatées en dérivant, enfin à des amphibolites et à des pyroxénites feldspathiques.

Ce sont là les faits d'observation. Dans la partie lithologique de cet ouvrage (tome II), après avoir décrit ces roches, je me suis attaché à les interpréter. Je crois apporter des preuves très convaincantes pour démontrer que cette vaste région gneissique a été originellement constituée comme celle formée par la série précédente, c'est-à-dire par des schistes, des quartzites, des calcaires sédimentaires, pénétrés par des roches intrusives variées, traversés par des filons, métamorphisés par les uns et par les autres ; puis cet ensemble, souvent, au préalable, déformé mécaniquement, ayant été soumis à la même influence du métamorphisme général, a subi une recristallisation plus ou moins complète et a reçu ainsi le cachet gneissique. Ainsi s'explique la structure granoblastique de toutes ces roches, quelle qu'en soit la composition minéralogique et l'origine première, éruptive, sédimentaire ou modifiée par contact ; ainsi se comprend l'embarras de tous ceux qui ont écrit jusqu'ici sur Madagascar, hésitant à chaque pas pour la distinction entre le granite et le gneiss.

La complication est augmentée par ce fait que dans cet ensemble gneissique apparaissent de nombreux massifs, maints filons de granites, de pegmatites, de gabbros, de diabases, n'ayant subi aucune transformation et possédant les mêmes caractères que les roches similaires se rencontrant dans la série précédente. Je les regarde donc comme ayant été mis en place postérieurement à la gneissification, sans qu'il soit possible de les dater. Peut-être certains d'entre eux — je veux parler surtout de ceux constitués par des roches basiques — sont-ils contemporains des roches similaires de la série micaschisteuse ou peut-être même de ceux qui abondent dans les formations sédimentaires de l'Ouest ; leur extrême fraîcheur me fait penser qu'il n'est pas invraisemblable qu'une partie d'entre eux soient d'âge mésozoïque ou peut-être même plus récents.

En résumé, dans ce qui va suivre, les termes de *schistes*, de *micaschistes*, de *gneiss* seront employés dans un sens strictement lithologique ; lorsque les divers types qui caractérisent chacune de ces trois séries sont associés dans la même région [1], ils peuvent correspondre à une succession dans l'ordre vertical et par suite sans doute à une succession dans le temps, c'est-à-dire que les schistes sont moins anciens que les micaschistes et ceux-ci que les gneiss, mais je ne

1. Je n'ai vu nulle part de discordance entre les trois séries. M. Perrier de la Bathie m'en a signalé une, au moins apparente, au Mont Ambohimiangara dans le voisinage du lac Itasy ; des gneiss orientés Est-Ouest et plongeant vers le Nord supportent des quartzites et micaschistes orientés Nord-Sud et plongeant vers l'Ouest.

veux pas dire que d'une extrémité de l'île à l'autre, il soit légitime de synchroniser toutes les roches de même nature lithologique.

Les efforts des géologues de l'avenir devront porter sur l'établissement de coupes de détail dont l'interprétation pourra conduire à des conclusions dont la recherche à distance me paraît pour l'instant prématurée.

C. — *Étude des diverses régions.*

Ce paragraphe a pour but de donner une idée d'ensemble sur la distribution des schistes cristallins et des roches éruptives (non volcaniques) ; des renseignements plus détaillés à cet égard se trouvent dans le tome II, à la description de chacun des types lithologiques.

Tout d'abord quelques indications d'ordre général sont nécessaires.

L'altération superficielle du sol. — Comme dans tous les pays tropicaux, l'altération des roches par l'action plus ou moins directe des agents atmosphériques est très intense à Madagascar ; cette altération présente des caractéristiques bien déterminées dans le Massif cristallin, grâce à la prédominance des gneiss et des granites dont les modes de décomposition et de désagrégation peuvent être rapportés à un certain nombre de types qui ont une grande influence sur le modelé du terrain et par suite sur l'aspect du paysage.

La Grande Ile est essentiellement un pays de *terre rouge*, d'argile latéritique, dont la nature sera discutée dans un chapitre spécial du tome II ; je ne retiendrai ici que ce qui concerne le modelé du sol[1]. Jusqu'au voisinage de l'embouchure de l'Onilahy, et non pas plus au Sud[2], la terre rouge forme au sous-sol un manteau presque continu dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs dizaines de mètres. Elle recouvre des croupes douces, arrondies, sculptées par un chevelu touffu de vallées, de vallons, de petits ravins qui débutent par des excavations (*lavaka*[3]) en forme de cuvettes caractéristiques. Le sol est d'un rouge éclatant, là où ne s'est pas développée la graminée coriace (*bozaka*) constituant souvent la seule végétation de la steppe herbeuse qui, monotone, couvre désespérément la plus grande partie des Hauts Plateaux. Çà et là, apparaissent des espaces horizontaux (*Tampoketsa*), recouverts par une cuirasse latérique dure, sur quoi la végétation est encore plus maigre. Seuls des cailloux blancs, débris de filons de quartz, inter-

1. On trouvera dans le tome II des photographies représentant les principaux phénomènes dont il est question dans ce chapitre.

2. Dans le Sud de l'île toutes les cimes des montagnes sont rocheuses.

3. Lavaka veut dire trou. Les Malgaches appellent aussi ces ravins latéritiques : hady, tevana.

rompent l'apparente uniformité lithologique des roches souvent originellement différentes, mais semblablement transformées en terre rouge.

Il existe des formes variées qui se manifestent sur les crêtes des montagnes ou sur leurs pentes quand il subsiste des roches intactes, constamment maintenues à nu par les pluies torrentielles ne permettant pas aux produits de leur désagrégation physique de se maintenir à leur surface.

Désagrégation en boules. — Dans la région latéritisée située au Nord de l'Onilahy, sur le sommet des montagnes ou des collines, se voient des blocs arrondis, souvent énormes qui restent en place ou roulent sur les pentes et s'y accumulent[1]. La région de la haute Sofia, le Bongolava, le confluent de la Mahajamba et de la Manasomby et au delà vers le Bemarivo, la région de Maevatanana, le massif de Masoala, les Hauts Plateaux et notamment : les environs (et particulièrement le Sud-Ouest, le Sud et le Sud-Est) de Tananarive ; la haute Mananara, les régions de Manjakandriana et d'Anjozorobe ; le Nord de Tsinjoarivo ; le Nord-Ouest d'Ambatolampy, la région d'Ambositra ; l'Est de Fianarantsoa et maintes autres régions fournissent de beaux exemples de ce type de désagrégation qui se produit aux dépens des granites sous tous les climats, les tempérés comme ceux de la France (Bretagne, Sidobre, Pyrénées), les torrides comme ceux de Zinder, de la côte des Somalis, aussi bien que les tropicaux humides[1].

Dans les tranchées de la route, près du pont de Nosizato aux environs de Tananarive, on peut suivre l'évolution de cette désagrégation en boules par production d'écailles emboîtées.

Désagrégation en monolites cannelés. — Plus spéciale est la désagrégation qui s'observe surtout dans la partie méridionale des Hauts Plateaux, au Sud de Fianarantsoa et jusqu'à l'extrémité de l'île (notamment entre Fianarantsoa et la Mananara (Ionaivo), mais qui existe aussi sur la haute Sofia et sur le versant occidental des Hauts Plateaux. Du sol peu altéré ou de la terre rouge, se dressent brusquement des monolites à parois presque verticales de plusieurs centaines, à près d'un millier de mètres de hauteur ; leur sommet est arrondi ; des cannelures suivent la ligne de leur plus grande pente, entaillent leur masse pesante et leur donnent

1. Le P. Muthuon a signalé récemment [165 *bis*] la fréquence de la distribution de ces blocs en place, suivant des traînées larges de quelques dizaines de mètres et pouvant être suivies parfois sur de nombreux kilomètres ; ces traînées portent des noms spéciaux, *Ambatomiranty* (rochers qui font saillie) en Imerina, *Ambatomitety* (rochers saillants en forme de pont) dans la région du Vontovorona, *Ambatomitatana* (roche divisée en blocs distincts) dans le Betsileo. La roche qui les constitue est généralement un granite ou un orthogneiss à grain fin, dont la fraîcheur contraste avec la transformation des roches voisines en argile latéritique. L'alignement de ces blocs semble se faire suivant la direction d'affleurement des schistes cristallins, parce que ces roches intactes sont intercalées entre leurs strates. Peut-être doivent-elles à leur grain plus fin et à leur homogénéité plus grande d'avoir mieux résisté à l'altération ?

leur aspect caractéristique ; nul talus d'éboulis ne se voit à leur base. Les Malgaches donnent à ces roches les noms caractéristiques d'*Ambatosola*, d'*Ambohitsola* (pierre ou mont chauve). Ce mode de désagrégation, qui est à la fois chimique et mécanique, est dû au ruissellement de l'eau pluviale. Il n'est spécial ni au granite ni aux gneiss pauvres en mica ; je l'ai observé aussi sur les phonolites du Nord-Ouest, sur les dômes trachytiques de l'Itasy. De semblables apparences ont été décrites aux Seychelles par Max Bauer, au Brésil par J.-C. Branner (*Amer. philosoph. Soc.*, 1913, p. 163). Les grès de l'Isalo, monolithes plus élancés, rappellent ces formes. Ces cannelures sont parfois accompagnées de cuvettes à parois verticales (Andringitra).

Désagrégation en aiguilles. — La chaîne granitique des Vavavato (Ankaratra) offre par places une disposition différente. Ses crêtes, formées d'aiguilles, de pyramides aiguës, ont un aspect déchiqueté très spécial qui rappelle celui des crêtes constituées par beaucoup de quartzites (mont Bity) et de micaschistes très quartzeux de la Grande Ile.

Désagrégation en dalles. — Ce mode de désagrégation est assez fréquent, notamment au Nord de Tananarive ; le granite ou le gneiss peu micacés, sous l'influence de l'insolation du jour, succédant aux températures basses de la nuit, se délite en larges dalles, parallèles à la surface du sol. Cette particularité est utilisée par les Malgaches pour obtenir les grandes pierres plates dont ils se servent pour la construction de leurs tombeaux ; ils savent l'exagérer par l'usage judicieux du feu.

La désagrégation en dalles entassées est aussi fréquente dans les montagnes de quartzites (mont Bity, etc.).

a. — **Massif septentrional** [1].

α. **De la Loky au Sambirano.** — La bordure septentrionale du Massif cristallin dans la région d'Andavakoera (bassin de la Mananjeby) est constituée par des gneiss, en général assez schisteux, associés à des micaschistes et à des amphibolites, feldspathiques ou non, localement riches en grenat. Ce sont ces schistes cristallins et aussi les sédiments triasiques avec lesquels ils sont en contact anormal, que traversent des filons aurifères, ainsi que diverses roches éruptives décrites plus loin.

1. D'après une indication que m'a fournie M. Rouaix, un affleurement granitique aurait été observé sur le bord occidental du Massif d'Ambre dans une baie située près d'Ampombiantambo ; le fait serait intéressant s'il était confirmé ; l'existence d'un substratum ancien dans le Massif volcanique d'Ambre est rendue vraisemblable par les gros cristaux de zircon, de corindon et les blocs de syénite rejetés par les volcans de cette région, celui de Mahery en particulier.

Dans la vallée de la Mahavavy, entre Ankitokazo et Beranomaso, le contact du Trias se fait avec des micaschistes et des quartzites, puis, après un massif granitique, dans les environs de Manambato, apparaît un nouveau développement de gneiss et de micaschistes sur les deux flancs de la Mahavavy ; ils peuvent être suivis dans le massif du Tsaratanana jusqu'à une altitude d'environ 2 080 mètres (direction Nord-Sud) ; ils y servent de substratum aux trachytes, de même que, sur le flanc droit de la vallée, les pitons éruptifs du Zarandahy, du Zarambavy, etc., reposent sur eux.

Des gneiss et des micaschistes encore couvrent de vastes espaces entre Manambato et Anaborano, c'est-à-dire entre la haute Mahavavy et le haut Ifasy ; ils renferment des intercalations d'amphibolites feldspathiques.

Des bandes de quartzites à grain très fin, rappelant les hälleflinta, ayant de 5 à 6 kilomètres de largeur (orientation Nord-Ouest, plongement Nord-Est), se trouvent dans les gneiss de la région Ambakirano-Ambatoharanana (direction Nord, 10° Est).

Toute la vaste région qui vient d'être passée en revue paraît être dépourvue de roches calcaires ; il n'en est plus de même dans le haut Sambirano ; des calcaires en effet sont assez développés au milieu des schistes cristallins du fond de la vallée, près d'Ampanompia (direction Nord-Sud), dans la Sahanamalona ; par contre, ils sont seulement accidentels dans la vallée du Beambahatra (massif du Manongarivo), sur le versant oriental de la vallée du Sambirano près d'Ambohitrandriana ; près du confluent de la Beangonana (direction Nord-Ouest) et du Sambirano.

β. **Du Sambirano à la Sofia.** — Entre la bordure des grès triasiques et le parallèle de Bealanana, le type orthogneiss domine ; il comprend surtout des gneiss granoblastiques, avec intrusions de granite à plagioclase et de norites et de nombreux dykes de pegmatite à microcline rose et à muscovite (Betainomby au Sud du Maevarano). Cette formation gneissique se poursuit avec les mêmes caractères par Befandriana jusqu'à la portion Est-Ouest du cours moyen de la Sofia. Il existe aussi des paragneiss plus ou moins schisteux : près de Bejofo, ils renferment des accidents calcaires (cipolins et pyroxénites feldspathiques de types variés) [sur l'Ankingafohy, petit affluent de gauche de l'Andranomalaza ; près d'Ambohitsara ; Andranovato (E. de Bejofo); Ambatoriha sur la route de Bealanana à Antsalonja (au Sud du Maevarano)].

Dans la partie de la haute vallée de la Sofia ayant une orientation Nord-Sud (au Nord et au Sud d'Antsakabary) et depuis la région de Befandriana jusqu'à la limite du Massif cristallin, dominent le granite et des gneiss très peu micacés, dérivant

de granites. J'ai étudié des granites à grain fin provenant : du Sud de Mahetsamena ; d'entre Maroamalona et Ankoba ; du voisinage de Tsaramena ; d'Ambato, du mont Andilambe, de la vallée d'Amparihy. Les gneiss très micacés sont exceptionnels (Ambato, Betsatsaka, mont Anamantona, Andambalao, Ambobaka, Ampombimakoalahy, Betangirika, Ampamotro, Anjalajalabe). Quant aux accidents calcaires, ils paraissent rares (mont Andilambe près Ambalatany).

J'ai étudié quelques amphibolites feldspathiques provenant de cette région (Andohahala, etc.).

Des quartzites à magnétite m'ont été signalés par M. Perrier de la Bathie à l'Est de Leanja entre l'Anjobony et la Sofia.

γ. **Côte Nord-Est. Région au Nord de Vohémar.** — Revenons au col d'Ambararata qui fait communiquer la vallée d'Andavakoera avec la vallée moyenne de la Loky. Ce fleuve coule à la limite du Lias et des schistes micacés anciens (orientation Nord-Est) que M. Lemoine a reconnus au voisinage du granite de Mangily, à Amboronarivo, sur le chemin d'Antananivony à Ambararata et près d'Anaborano ; à Kivonjy et à Antananivony ces schistes sont verts et amphiboliques, peu métamorphiques. Près d'Antananivony, ils sont recouverts en stratification discordante par les grès triasiques.

δ, **Entre Vohémar et la baie d'Antongil.** — Sur la côte, entre la Loky et le cap Masoala, il existe des chaînons granitiques parallèles au rivage, formant des îlots séparés ; ils sont traversés par de très nombreux filons diabasiques et des veines d'épidote[1] ; à citer d'abord le massif de Mahariba, à l'Ouest de Vohémar, présentant sur ses bords Nord et Ouest (notamment à Ankorimpo) des chloritoschistes à trémolite, utilisés jadis par les Arabes pour la fabrication d'objets domestiques. La direction moyenne des schistes cristallins à l'Ouest de Vohémar est Nord, 10° Est.

Le Manambery sépare le massif de Mahariba de celui d'Ambodimadiro, traversé par des dykes de microgranite (notamment au Nord de cette localité). Plus au Sud, le massif d'Analora se prolonge jusqu'à Mahanara. Au Sud d'Antalaha, un îlot de gneiss affleure sur le bord de la mer au milieu des coulées basaltiques qui, depuis Vohémar, cachent presque partout le substratum. Au Sud du Fanambana, un massif d'allivalite paraît être intrusif dans le granite.

Au Sud-Sud-Ouest d'Antalaha, dans l'angle formé par l'Andrarona et son

1. L'origine de ces épidotites doit être cherchée dans la transformation de roches éruptives anciennes ; à cet égard, des trachyandésites imprégnées d'épidote et de biotite doivent être indiquées au Nord du Maintialaka (Nord-Ouest de Vohémar).

affluent de gauche l'Antsahivo se trouve le petit massif de schistes carburés, peu ou pas métamorphisés, dont il a été question plus haut ; ces schistes carburés, associés à des quartzites, sont entourés par le granite qui, à son contact, les a métamorphisés en schistes micacés. Très disloqués, imprégnés de pyrite suivant des surfaces ondulées, ils sont injectés par des veinules de quartz ou traversés par des filons épais de quartz (quelquefois aurifère dans d'autres cas seulement pyriteux et stérile). Plus au Sud, Baron a signalé [110] à Mahavelona (fond de la baie d'Antongil) et à Andranovelona, près de la côte sur le Sahamanga, c'est-à-dire à la base de la presqu'île de Masoala, des schistes carburés renfermant des cristaux de chiastolite au contact du granite; il existerait aussi des phyllades à Manakambahiny. Tous ces gisements forment probablement une traînée continue qui n'a pu être suivie jusqu'à présent. Des phyllades accompagnent les schistes carburés entre Marambo et Sakantaha au Sud d'Antalaha, et dans la presqu'île de Masoala sur les versants de Maroantsetra et d'Antalaha.

Je n'ai que peu de renseignements sur la constitution des schistes cristallins de la région forestière qui se développe à l'Ouest de la précédente. J'ai seulement étudié des micaschistes, avec intercalation d'amphibolites (feldspathiques ou non), de chloritoschistes et de quarzites micacés, que traversent des pegmatites, des filons cuprifères à gangue quartzeuse, des filons de quartz à hématite provenant du voisinage des gisements d'Androta (vallées du Fanambana, de son affluent de gauche, l'Antsahandrevo et du Manambery). Cette région est extrêmement riche en épidote.

M. Perrier de la Bathie a effectué une traversée de Vohémar au Mont Bejofo, dans laquelle il a surtout recueilli des gneiss (gneiss à biotite, à pyroxène), des micaschistes, des quartzites, des amphibolites et des schistes séricíteux. Vers la source du Bemarivo et de l'Androranga, c'est-à-dire près de la ligne de partage des eaux, il m'a signalé une bande de quartzites, de calcaires, de schistes qui rappellent la série d'Ambatofangehana sur les Hauts Plateaux. Elle est orientée Nord-Nord-Est et a une largeur d'une vingtaine de kilomètres. La haute vallée du Bemarivo ne renferme que des gneiss (orientation Nord-Sud et plongement vertical, mais avec localement des lambeaux presque horizontaux).

La presqu'île que termine le cap Masoala renferme, en outre des schistes carburés indiqués plus haut, des micaschistes riches en épidote passant à des quartzites. Dans la baie d'Antongil, ont été rencontrés des granites porphyroïdes et des gneiss, orientés Nord-Est à Maroantsetra (récif de Manambia).

b. — Massif Central proprement dit.

(*Hauts Plateaux et leurs abords.*)

1° Abords Septentrionaux et Occidentaux des Hauts Plateaux.

Bordure Nord et Nord-Ouest des Hauts Plateaux.

α. **De la Moyenne Sofia à la Mahavavy.** — Dans cette région, limitée par la Sofia, le Famoizankova de Fenoarivo, les Tampoketsa et, à l'Ouest, par les terrains sédimentaires, les schistes cristallins, formant une bande de 60 à 70 kilomètres de large, sont orientés sensiblement Nord-Sud, avec un plongement de 30 à 60° vers l'Ouest. On n'y trouve ni calcaires ni quartzites à cassure vitreuse, ni graphite; ils sont constitués par les roches suivantes énumérées par ordre d'importance : 1° gneiss micacés très fissiles ; 2° quartzites à magnétite (Mahamavo sur le haut Kimangoro, Marovato dans le bassin de la Sofia-Mahajamba ; Maevatanana, Tainangidina, Betaimby, Firingalava, Ampasiry, Tsarasaotra, Bekatirijy, Morafeno, Marotaolana, dans le bassin Ikopa-Betsiboka) ; 3° chloritoschistes ; 4° quartzites à hématite, grunérite, etc. ; 5° amphibolites de divers types, pyroxénites ouralitisées, etc..... Cette formation, plus ou moins aurifère, se prolonge au Sud jusqu'à la Mahetsamena, affluent de droite de la Menavava et vers l'Est jusqu'au massif granitique d'Andriba.

Des gneiss, puis des granites et des diorites sont à signaler aussi, notamment dans le lit de la Mahajamba, en amont du contact avec le grès triasique ; à Belambo, à Beanana, près Maevatanana ; à Beritsoka près Tsarasaotra. Les *Ambatomiranty* (voir page 25), du confluent de la Mahajamba et de la Manasomby et leur prolongement au Nord-Nord-Est jusqu'au Bemarivo sont constitués par un granite à grain fin. Il existe aussi beaucoup de filons de quartz stérile, avec ou sans hématite, et de pegmatites à grain moyen. Il faut signaler enfin des dykes de diabase à olivine au Sud-Ouest de Maevatanana.

C'est sur ce substratum de schistes cristallins que se dressent les pitons basaltiques de Namakia et d'Antongodrahoja.

Plus à l'Est, les orthogneiss et les granites (avec pegmatites) sont à signaler dans la région de Tsaratanana, en même temps que des gabbros. Le granite à grain moyen constitue notamment le pic d'Andriba ; dans la région du pic de Namakia, puis entre Tsaratanana et Andriamena il existe des filons de pegmatite à béryl.

Je citerai enfin un gisement remarquable, celui d'une syénite néphélinique à

facies gneissique, se trouvant un peu au Nord-Ouest de Tsaratanana, près d'Anosikely, sur la rive droite de la Betsioka, entre Madinilatsaka et le confluent de la rivière avec la Mahajamba. Cette roche paraît avoir traversé des gneiss très fissiles, latéritisés, renfermant des intercalations de lits minces de quartzites à magnétite.

La partie du Marofotsy, située entre la Mahajamba et le Bemarivo, affluent de gauche de la Sofia, et notamment le Tampoketsa du Sud qui se développe à l'Est de Tsaratanana, puis entre celui-ci et le lac Alaotra est essentiellement constituée par des orthogneiss, parfois assez micacés et amphiboliques (Tsaratanana), avec des bancs de leptynites (sur le plateau et entre Ambatobe et Tsaratanana). Des lits, minces mais assez nombreux, de quartzites à magnétite se rencontrent depuis Tsaratanana jusqu'au lac Alaotra, où ils prennent une plus grande ampleur. Un granite à grain moyen existe dans la partie orientale du Tampoketsa au Mont Marivora, à l'Ouest d'Ambodifiakarana.

Très nombreuses sont les intercalations d'amphibolites de types fort variés, schisteuses ou non, à gros grain ou à grain fin ; elles résultent de la transformation de gabbros qui, çà et là, se voient à l'état intact (entre Tsaratanana et Ambatobe).

Entre le Tampoketsa d'Amberimay et celui d'Analamaitso, sur la rive droite du Bemarivo, se développe la cuvette gneissique de Lanihay. Au Nord-Ouest, sur les cimes du Tampoketsa d'Analamaitso, à 500 mètres environ au-dessus de la plaine, on voit sur ces gneiss des alluvions à bois silicifiés recouvertes par des basaltes.

β. **Antsihanaka.** — Les abords de la cuvette du lac Alaotra sont en grande partie gneissiques (orientation générale Nord-Nord-Est à l'Ouest du lac, Nord-Nord-Ouest à l'Est du parallèle du Mont Ankitsika) ; dans l'Ouest, le Sud et le Sud-Est, les orthogneiss sont fort peu micacés (leptynites), et parfois amphiboliques ou grenatifères (près l'embouchure du Maningory). Quelques bancs de calcaires, associés à des parapyroxénites à scapolite, sont connus dans les environs d'Ambatondrazaka.

Sur la rive Nord du lac, depuis Andilana jusqu'au Sud d'Imerimandroso, se développe une puissante formation de quartzites à magnétite (Andilana ; environs d'Imerimandroso ; Mont Ambohitromby dominant Ampananganana, etc.), avec des quartzites à grain fin à Ambatomanga (Nord d'Andreba).

Les filons de quartz sont nombreux ; quartz blanc (Ambohitrampiranana au Sud d'Andreba, etc. ; nombreux gisements à l'Ouest du lac, etc.), quartz rose (Est d'Imerimandroso, etc.); des pegmatites à muscovite (Andilana, Andreba, etc.), des aplites (entre Ambatoningahibe et Ambohitrampiranana) traversent toutes ces formations et notamment les quartzites à magnétite.

D'importantes intrusions et des dykes de roches éruptives (diorites, gabbros, norites, microbronzitites, microgabbros) abondent sur les deux rives du lac, notamment entre la zone des quartzites et celle des gneiss, puis sur les rives Est et Sud-Est (près d'Ambohimanga en particulier). Au Nord-Ouest du lac, entre l'Anony et Ambatomainty, il faut signaler un grand massif de gabbro associé, au mont Ankitsika, à une diallagite à gros éléments qui se retrouve au Nord d'Ambohibolo ; des amphibolites de types variés sont associées à ces roches gabbroïques.

De nombreux lits d'orthoamphibolites, feldspathiques (Ambatomafana sur le Maningory) ou non, et d'orthopyroxénites feldspathiques abondent aussi au milieu des gneiss, là où il n'existe plus de gabbros intacts.

La gare de Manakambahiny, entre Ambatondrazaka et Anosiroa, se trouve sur le granite.

Enfin il reste à signaler une serpentine nickélifère au mont Vohitsitandanitra.

On verra plus loin que quelques lambeaux volcaniques (ankaratrite) sont disséminés sur les gneiss dans le Nord-Est à Amparafaravola et dans le Sud près d'Ambatondrazaka (Baron).

La bordure occidentale des Hauts Plateaux.

α. **Entre la Mahavavy et le Manambolo.** — A l'Ouest de la Mahavavy, le Bongolava est surtout granitique et il conserve cette constitution jusqu'au voisinage d'Ankavandra ; on y trouve un granite porphyroïde (près Ambatomainty et Ankilahila) et un gneiss à hornblende déformés par des actions dynamiques qui les ont transformés en roches rubanées décrites dans le tome II. Ces types cataclastiques sont associés à d'autres, complètement recristallisés, véritables gneiss micacés ou amphiboliques. C'est au milieu de ces roches que sont intercalés des *gneiss à néphéline,* à la façon des gneiss acides voisins : ils jouent un rôle important dans la constitution de la région de Makaraingo, sur l'arête séparant les vallées de la Bekinamo et de la Mahakamba (affluent de gauche de la Mahavavy) ; ils ont une large distribution entre Androtra au Nord et Makaraingo au Sud ; et ont été suivis depuis le point 900 au Nord de Makaraingo jusqu'à Andrangonala (700 mètres) sur plus de 10 kilomètres : ces roches se débitent en plaquettes sur le sol presque désertique. A Makaraingobe, ces gneiss alcalins sont associés à des granites à aegyrine et riebeckite.

Je n'ai que peu de renseignements sur la constitution de la région comprise entre celle qui vient d'être passée en revue et l'Ikopa, au Nord du Manambolo. Le granite paraît dominer dans le massif du Famoizankova, le gneiss dans le Valalafotsy, par quoi débutent les Hauts Plateaux ; ces roches constituent le pro-

longement de celles de la région d'Ankazobe, sur la rive droite de l'Ikopa. Des lambeaux volcaniques recouvrent ces gneiss dans les environs de Fenoarivo.

β. **Entre le Manambolo et la Mania.** — Entre Ankavandra, situé un peu au Sud du point où le Manambolo prend brusquement la direction du Sud et la Mania, apparaît une bande de quartzites associés par place à des calcaires cristallins et renfermant des filons basiques, surtout abondants sur le bord du Bongolava; diabases (Manandaza, environs de Miandrivazo, etc.) et gabbros (formant peut-être de grands massifs) [Pont de la Telomita, près Miandrivazo (labradoritites et gabbros), Analaidirana, etc.]; ils sont souvent très ouralitisés et conduisent alors à des schistes amphiboliques intercalés dans les quartzites sur près de 50 kilomètres entre le mont Tsinjomay et le Bongolava, ce qui donne une indication sur l'origine vraisemblable des nombreux bancs de roches similaires très schisteuses, intercalées dans d'autres quartzites (région de Miandrivazo; Analaidirana; vallée de Kiranomena, etc.).

Ces quartzites constituent une zone de haut relief, à profil découpé, dont le type est le mont Tsinjomay (en malgache: d'où l'on voit de loin le feu) et plus au Nord le Vohimavo. Plus au Nord encore, à Tsimbolovolo (Ouest de Tsiroanomandidy), ces quartzites sont riches en magnétite et contiennent de l'or; ils sont associés à des roches à disthène, elles aussi aurifères. Des filons de quartz et de pegmatites à tourmaline traversent cette formation. Mouneyres et Baron ont suivi ces quartzites [173] du Tsinjomay jusqu'aux environs de Miandrivazo (plongement Ouest-Sud-Ouest de 40 à 60°). Sur la route de Miandrivazo à Betafo, leur limite orientale paraît être le col d'Analaidirana; ils forment des bancs épais dans la rivière d'Anjiajia (7 kilomètres Sud d'Ankarongana), où ils sont souvent riches en sillimanite; à signaler encore à ce point de vue la rivière Kiranomena.

Les calcaires cristallins sont marmoréens; leurs lits, souvent fort épais, constituent des éminences à formes usées dont l'aspect est caractéristique; quelques gisements doivent être cités comme exemple: flanc Sud-Ouest du Tsinjomay; le Nord-Nord-Est de Miandrivazo; l'Ouest de Kiranorano; vallées de la Dabolava, de la Kiranomena; à 30 kilomètres d'Analaidirana; Ankarongana, 3 kilomètres Ouest du mont Ambatoboka (couche de plus de 50 mètres de puissance, orientée Nord-Sud, plongement Ouest, suivie par M. Dropsy sur plus de 4 kilomètres). Des pyroxénites feldspathiques à scapolite se trouvent au contact du granite au mont Tsaramody (à l'Est d'Analaidirana), sur la route de Betafo, associées à des orthoamphiboliques feldspathiques.

Il existe aussi des gneiss avec intercalation de minces veinules de quartz aurifère, exploitées çà et là (Antsaily, Ankarongana, etc.).

Le métamorphisme intense des schistes cristallins, autres que les amphibolites, est dû en partie à l'action du granite qui forme de grandes masses intrusives, généralement constituées par une roche à grain fin [mont Tsinjomay ; massif contourné par le Mahajilo au Nord-Nord-Est de Miandrivazo ; région d'Ankarongana [Andasivao, mont Ambohipisaka ; mont Marofasana (6 kilomètres Nord-Nord-Ouest de la Dabolava] ; Ramartina près Analaidirana. Ce granite est accompagné de filons de pegmatites, fréquemment tourmalinifères (mont Tsinjomay ; route d'Analaidirana au mont Kalapato), parfois gemmifères (environs d'Ankarongana).

γ. **Ambongo.** — A l'Ouest de la région qui vient d'être décrite, mais au milieu des formations sédimentaires, apparaissent des schistes cristallins constituant une surface ovale de 100 kilomètres environ de diamètre, qui a été reconnue par M. E. Gautier [189, 191] dont, en 1900, j'ai étudié les récoltes ; plus tard, j'ai été documenté sur cette région par M. Perrier de la Bathie.

Ce massif cristallin du cap Saint-André est en réalité composé de deux îlots distincts, tous deux entourés par des sédiments triasiques et liasiques ; ils sont séparés par le mont Ambohitrosy ou Ambohibengy ; l'un (Bekodoka, Antobikena, Miako) se trouve au Sud et au Sud-Est de cette montagne, l'autre (entre le Manombo et la Namota) parvenant sur la Namota (presque jusqu'à la mer) au Nord et au Nord-Ouest. Il s'agit là de gneiss (direction moyenne N.-S.), associés à des gneiss amphiboliques (rivière Antobikena), constituant un pays ondulé ou plat et marécageux ; au milieu de celui-ci se dressent de petites collines coniques formées par des quartzites ayant résisté à la décomposition (vallée du Sambao ; environs de Bekodoka) et surtout par des quartzites à magnétite (vallée du Miako), etc.) : on y remarque aussi quelques filons de quartz.

δ. **Entre la Mania et la Matsiatra.** — La bordure du Bongolava dans la région de Janjina est constituée par des orthogneiss avec quelques calcaires cristallins à phlogopite et apatite bleue, supportant localement des lambeaux non effondrés de grès triasique.

Dans le voisinage de la Mania et sur près de 40 kilomètres (direction Nord-Sud) dominent des quartzites formant des plis très aigus dans l'axe desquels se trouvent des granites, à structure très déformée (vallées de la Zanaka, affluent de la Mania et de l'Isaka, affluent de la Manambaroa, situées sur le prolongement l'une de l'autre). Les accidents basiques : pyroxénites (Volonandrongo), pyroxénites feldspathiques à scapolite [Amborompotsy ; Betaimboraka sur la Kigioly, affluent de la Mania ; sur la Kisiry, affluent de gauche de la Zanaka] sont fréquents au

milieu de ces quartzites qui se prolongent à l'Est jusqu'au granite d'Itremo (voir p. 41; carte fig. 1).

Entre Midongy et la Matsiatra, dans la région irriguée par les affluents de cette rivière (Manantsahala, Ampandramaika, Mitody, Manambaroa, Imahatodika), dominent des micaschistes (contenant parfois du disthène et de la staurotide), avec des chloritoschistes à gros grenats (Ampandramaika), des talcschistes (Mitody), des calcaires cristallins (Imahatodika), des grenatites et des épidotites (rivière Andalona, près du sentier allant d'Ambarivondrona à Ambatomainty), des quartzites à épidote (mont Vohimena).

Il existe dans cette région quelques intrusions de roches basiques [gabbros à olivine de la vallée de la Kigioly, diabase ouratilisée (2 kilomètres Sud de Midongy)] et d'orthoamphibolites feldspathiques en dérivant (Tibaka au Nord d'Amborompotsy).

Le substratum intact de la dépression latéritisée qui entoure Midongy à l'Est et au Sud se voit dans le lit de la Lambamena à l'Est d'Ankilahila; il est formé par des gneiss, des micaschistes et des granites à grain fin avec des pegmatites. Les schistes cristallins sont presque horizontaux; ils reprennent plus à l'Est le plongement de 30° vers l'Ouest le plus habituel dans la région.

ε. **Entre la Matsiatra et l'Onilahy.** — A l'Ouest du méridien passant par la vallée de fracture de l'Ihosy, l'orientation des schistes oscille autour du Nord entre Nord 25° Ouest et Nord 10° Est; le granite paraît manquer. Les leptynites, les amphibolites, avec calcaires cristallins, quartzites et quelques gneiss dominent. Les calcaires cristallins sont surtout abondants à partir du Mangoky (confluent de ce fleuve et de la Menamaty; haute vallée de cette rivière, etc.).

A l'Est du méridien de l'Ihosy, les gneiss forment des arêtes rocheuses sur les crêtes d'anticlinaux orientés Nord ou Nord légèrement Est. Entre la Manananta-nana et le Zomandao abondent des paragneiss à sillimanite et grenat (rivière Sakalalina, affluent du Zomandao). Des leptynites, avec intercalations de quartzites à sillimanite ou à graphite, de gneiss à scapolite (4 kilomètres Ouest d'Ambohitsitanandro; près Bekisompa, rive droite du Zomandao). Plus au Sud, les gneiss grenatifères à sillimanite et grenat sont très abondants entre Zazafotsy et Amboanana, sur la route d'Ihosy à Ambalavao. Par contre, les calcaires cristallins sont fort rares (riv. Sakalalina).

Entre la Matsiatra et Betroka, il semble n'exister de roches éruptives basiques en filons (labradorites) qu'à 15 et à 20 kilomètres de Fenoarivo (rive droite du Zomandao). J'ai été documenté sur cette région par M. Perrier de la Bathie.

2° Hauts Plateaux.

On a vu page 4 que je comprends sous cette rubrique la partie centrale de l'île, d'altitude supérieure à 1 400 mètres, se terminant d'une façon brusque du côté de l'Est à la falaise couverte par la forêt et passant au contraire en pente douce aux régions plus basses périphériques du Nord et de l'Ouest qui viennent d'être passées en revue. Ces Hauts Plateaux débutent au Nord par le massif granitique isolé du Vohambohitra, dans la haute vallée de la Betsiboka, et se terminent au Sud par le pic, également granitique, d'Ivohibe, situé un peu au delà du parallèle du col d'Ihosy. Ils constituent un massif elliptique s'effilant en pointe vers le Sud, mesurant environ 550 kilomètres dans la direction du méridien, avec une largeur maximum de 150 kilomètres, de l'Est à l'Ouest. Pour la facilité de mon exposé, je les diviserai en deux parties dont chacune présente d'ailleurs des particularités spéciales.

α. **Nord du parallèle d'Inanatonana.** — La portion septentrionale des Hauts Plateaux est, au point de vue lithologique, une région monotone de gneiss et de granites, au modelé caractéristique, aux croupes en pentes douces, ou de plateaux latéritisés (Tampoketsa). Cette constitution peut être étudiée en particulier dans les hauts bassins de la Betsiboka (région d'Anjozorobe, de Manjakandriana), de l'Ikopa (régions d'Ankazobe, de Tananarive, de Tsiafahy), du Kitsamby (régions de Miarinarivo, de Soavinandriana, de Ramainandro ; chaîne des Vavavato, à facies spécial, avec ses crêtes en dents de scie (direction moyenne Nord-Ouest, quelquefois Est-Ouest)[1], de l'Onive (régions d'Ambatolampy et de Tsinjoarivo), etc.

Les gneiss de cette vaste étendue sont surtout des orthogneiss à grain moyen, un peu amphiboliques ou pyroxéniques, mais généralement peu micacés et par suite plus rubanés que schisteux, mais il s'y rencontre aussi des paragneiss plus ou moins micacés contenant parfois de la cordiérite ; ils passent à de véritables micaschistes avec (Nord d'Ambohijanahary près Tananarive, Ambohimanoa, etc.) ou sans grenat et sillimanite ; c'est dans ces paragneiss et ces micaschistes[2] que se trouvent les nombreux gîtes de graphite exploités sur les Hauts Plateaux. Ces gneiss sont assez souvent aurifères (Antsolabato, Vohinambo, etc.).

Des quartzites à magnétite se rencontrent surtout dans la zone forestière voisine du bord de la falaise de l'Est ; ils constituent le principal minerai de fer de l'île.

1. C'est dans la région Itasy, Miarinarivo, Arivonimamo, Tananarive, Fihaonana, Soanangano sur l'Ikopa que la direction moyenne des strates est Est-Ouest.

2. Il existe probablement des lambeaux de schistes dans le massif des Vavavato ; j'ai étudié en effet une cornéenne à cordiérite provenant de ce massif.

Les quartzites sans magnétite ne sont pas rares, mais ne forment que de petits bancs (Fort Duchesne près Tananarive, etc.).

Il existe aussi des lits de calcaires cristallins (Ambohidempona à Tananarive ; Ambohimanoa), parfois assez puissants pour pouvoir être exploités (Ambohimirakitra ; Ambohidrazana, près Tsiafahy).

Les intrusions granitiques sont nombreuses et importantes (Vavavato, route de Tananarive à Antsirabe, à Tamatave, etc.), parfois accompagnées de pegmatites à biotite ou à diallage (falaise d'Ampamarinana à Tananarive). Les pegmatites à muscovite, à tourmaline, etc., sont très abondantes ; elles constituent des gisements exploités de béryl, de minéraux radioactifs, de bismuth (région d'Ankazobe, puis entre l'Itasy et Betafo) (Voir tome II, *Pegmatites*).

Les roches intrusives basiques ne manquent pas et sont parfois de grande importance (diabases, gabbros à olivine [Ouest de Soavinandriana ; Sud de Miarinarivo ; massif d'Ankaramainty (aujourd'hui morcelé, affleurant à Ambohimasina, Mahitsiarivo, Mandray, Ambatolampy) près du pic granitique de Mahasoa et de la crête dentelée granitique des Vavavato] ; gabbros micacés quartzifères (environs de Tananarive, d'Anjozorobe) ; filons de diabase à olivine à Behenjy ; péridotite serpentinisée dans la vallée du Jabo (2 kilomètres Nord d'Ambohimanga).

D'assez nombreux bancs d'amphibolites ou de pyroxénites feldspathiques résultent certainement de la transformation de roches éruptives basiques. Les paraamphibolites et les parapyroxénites ne sont pas rares non plus : il existe parmi elles des types très grenatifères (Imerintsiatosika près Tananarive).

C'est ce substratum gneissique ou éruptif qui supporte le grand massif volcanique de l'Ankaratra et ses annexes, ainsi que celui de l'Itasy et les petites coulées du Valalafotsy (Fenoarivo).

β. **Sud du parallèle d'Inanatonana.** — La constitution de cette partie de l'île est plus complexe que la précédente ; il faut y distinguer une zone centrale, essentiellement gneissique et granitique, flanquée, à l'Est comme à l'Ouest, de formations différentes.

Zone centrale. — Cette partie centrale, parallèle au méridien, est jalonnée par Antsirabe (direction Nord-Sud à Nord-Ouest), Ambositra, Ambohimahasoa, Fianarantsoa, Ambalavao, Ambohimandroso, la chaîne de l'Andringitra et le mont Ivohibe ; elle a la même constitution que la partie septentrionale des Hauts Plateaux. Les orthogneiss y prédominent, accompagnés aussi de paragneiss parfois grenatifères (haute vallée de l'Iantara, etc.) et de micaschistes (avec parfois de la

sillimanite, Ambalavao), mais il semble, autant qu'on en peut juger par la proportion des gîtes de graphite constatés, que les paragneiss y soient moins fréquents que dans le Nord. De la vallée d'Ihosy au massif gneissique d'Andringitra l'orientation des strates est Nord 10° Est.

Des quartzites sont intercalés çà et là dans les gneiss (Est et Ouest d'Ambositra; environ d'Ifempina; Ouest de Vohimarina dans la vallée de l'Iantara (quartzites à magnétite et pyroxène) ; Est d'Ikalamavony (terminaison des quartzites largement développés au Nord de la Matsiatra), et au Sud-Ouest, comme accident, au mont Ampanobe (au Nord de la Mananantanana et à l'Ouest du confluent de cette rivière et du Manambovona).

Les calcaires cristallins paraissent peu abondants (mont Belamboala et Talata, au Sud de Fianarantsoa ; et route de cette ville à Mananjary) et il en est de même pour les gneiss basiques qui en dérivent (gneiss à anorthite et grenat d'Antambohobe, Ouest de l'Andringitra). A ce point de vue, il faut citer le mont Ampanobe (calcaires, pyroxénites et grenatites feldspathiques, talcschistes).

Là encore, les amphibolites et les pyroxénites feldspathiques formées aux dépens de gabbros ne sont point rares (Sud du col d'Ambalavao). Entre Ambohimanjaka et Ambodifiakarana (Sud d'Antsirabe) se trouvent des bancs épais de la roche que j'ai appelée *manjakite*.

De nombreux massifs de granites, souvent accompagnés de diorites ou de gabbros quartzifères, sont à signaler, notamment entre Antsirabe et Ambositra et surtout près de cette dernière ville, puis (Ivony) dans la direction de l'Ouest, vers Ambatofangehana, etc. A ces granites, présentant la désagrégation en boules, sont associés de nombreux dykes de pegmatites dont quelques-uns sont gemmifères (région d'Ikalamavony, etc.) ou riches en énormes lames de muscovite (région d'Ambalavao et d'Ambohimasoa, etc.). D'autres, qui traversent les calcaires et les pyroxénites du mont Ampanobe[1], contiennent de très gros cristaux de zircon. Par contre, les pegmatites paraissent être rares dans le granite des chaînes comprises entre Fianarantsoa et Ihosy, ainsi que du massif allant de l'Andringitra au mont Ivohibe, granite (rochers cannelés) qui constitue l'axe anticlinal de plis gneissiques.

Quelques gisements remarquables de roches grenues basiques sont à signaler dans cette région ; tous, plus ou moins, ils donnent naissance par leur transformation à des amphibolites et pyroxénites feldspathiques.

Il faut citer en particulier une bande, ayant plus de vingt kilomètres de

1. Le mont Ampanobe est en partie constitué par un granite à deux micas, peut-être en filons dans un granite à diopside ayant pris une structure granoblastique ; ce sont ces roches qui ont métamorphisé les calcaires et les quartzites, dont il est question plus haut.

large, située à l'Est de la chaîne des Vavavato ; elle disparaît au Nord sous les formations volcaniques de l'Ankaratra et se prolonge au Sud au delà de Betafo. Elle contient des gabbros (Est du Mahatsinjo, au Sud-Est d'Amboanjobe ; Morafeno, à l'Est de Mandritsara entre l'Iavoko et Ambohitsampana ; Est d'Ambodiriana entre l'Iavoko et l'Ifasina ; environs du lac Anosy, etc.) et aussi des webstérites, feldspathiques ou non, en dykes (Tsahatsaha ; sources de l'Antsahatsaha, affluent de la Mianjona ; Ambohimasina ; Tongafeno). Cette zone de gabbros se trouve sur le prolongement de celle de l'Itsindra indiquée plus loin.

A citer encore les gabbros micacés du Nord d'Ambositra, ceux d'Ivony, etc., associés au granite.

Un massif de péridotite serpentinisée (Valojoro) présente un intérêt économique pour l'extraction du nickel.

Les dykes de diabases et de labradorites paraissent peu nombreux (Sud de Fianarantsoa).

Quelques filons seulement de roches volcaniques traversent les gneiss de la chaîne de l'Andringitra. Notons enfin qu'au sud d'Antsirabe les derniers cônes et les dernières coulées basaltiques de l'Ankaratra reposent sur les gneiss.

Zone micaschisteuse. — Au Sud-Est d'Antsirabe, les gneiss font place à une large bande de micaschistes, au milieu desquels se trouvent des intrusions de granite dont les contacts sont jalonnés par un grand nombre de gisements de corindon exploités pour l'industrie (région de Vatondrangy notamment).

Zone schisto-quartzo-calcaire. — Beaucoup plus importantes sont les formations qui s'observent surtout à l'Ouest de la zone gneissique. En moyenne, elles couvrent la région comprise entre le parallèle d'Inanatonana au Nord et le cours de la Matsiatra au Sud, entre le méridien du mont Bity à l'Est et l'Est de Midongy à l'Ouest. Peut-être par le Nord-Ouest y a-t-il continuité avec la série similaire du mont Tsinjomay dont il est question page 33. Il s'agit là d'une formation sédimentaire inégalement métamorphisée dont l'orientation est voisine du Nord-Sud ; elle est constituée par des schistes (ou des micaschistes), des quartzites et des calcaires cristallins ; ces trois genres de sédiments sont généralement associés, mais il est des régions essentiellement constituées par l'un ou par l'autre.

Les quartzites dominent aux monts Vohibe et Hierambao (région d'Inanatonana) au Nord de l'Andrantsay ; dans les environs d'Anjanabonoina ; aux monts Volavaky et Olotsingy. Ils traversent la Mania et se prolongent jusqu'à la Matsiatra ; ils sont limités vers l'Est par les massifs granitiques du Vatomavo, du Vohitra-

kidahy, par les confluents de la Tsinjovina, de l'Iakondro, de l'Ianakona, rivières se réunissant pour constituer la Vodirandrana, affluent de droite de la Matsiatra. Entre la Matsiatra et la Manambovona, ces quartzites constituent la puissante chaîne du Tsiafabalala et de l'Ambavahova, à l'Est d'Ikalamavony. Ils se terminent entre la Manambovona et la Mananantanana par des îlots sporadiques pincés dans des synclinaux de gneiss. Çà et là, à Anosivola, sur la rive gauche, à Imaina, sur la rive droite de la Manambovona, se trouvent des intercalations de calcaires cristallins avec (Anosivola) des pyroxénites feldspathiques.

Ces quartzites sont fréquemment riches en cryptes à cristaux de quartz (Volavaky, etc.), ou sont traversées par des veines quartzeuses à muscovite (monts Olotsingy, etc.), ou à tourmaline noire.

Les micaschistes intercalés dans ces quartzites renferment parfois du disthène, de la lazulite (Andranomilevina, Ambohimanjaka près Betafo) ou bien sont graphiteux (régions d'Inanatonana et de Betafo).

Des bancs de calcaires cristallins s'y rencontrent aussi (Ambatofito, Andriantsangana près Anjanabonoina, Ampandrana, etc.) et aussi des pyroxénites, avec ou sans scapolite (mont Laisada, au Nord d'Ambalahady, etc.).

A l'Est de cette zone spécialement quartziteuse, les quartzites abondent encore au Nord (mont Bity) et au Sud (Ieninkenina, Ambatofangehana, Ambatofinandrahana), de la Mania, mais les calcaires cristallins prennent plus d'importance (plateau d'Analalava ; vallée de la Sahatany ; Ieninkenina ; Ambatofangehana et Ambatoarina ; région d'Ambatofinandrahana ; vallée de l'Itsindra (surtout près d'Andohatsindra ; rivière Tsilolo, affluent de gauche de l'Itsindra) ; région de Bedihy, etc.

Les relations de ces diverses roches peuvent être facilement étudiées dans la région d'Ambatofangehana. Des micaschistes à grands éléments de muscovite et de biotite sont en contact avec le granite et supportent des quartzites, d'abord riches en magnétite et en hématite (roche noire et dure), puis fissiles et d'un blanc très pur ; on observe ensuite un schiste micacé à biotite à fins éléments, très riche en microcline, puis des calcaires avec intercalations de lits minces de quartzites. Des lentilles de pegmatite et de granite à tourmaline s'observent dans ces diverses roches. C'est au milieu des calcaires que se rencontrent les filons cuprifères. L'orientation de cette série schisteuse est Nord-Est, avec plongement vers le Nord-Ouest de 45 à 50°.

Des quartzites encore se trouvent aux monts Analabe et sur le versant oriental du mont Belambana à l'ouest de l'Andringitra.

La zone plus particulièrement schisteuse présente une cristallinité beaucoup plus inégale que les précédentes. Dans la région du Bemahazembina, à l'Est de

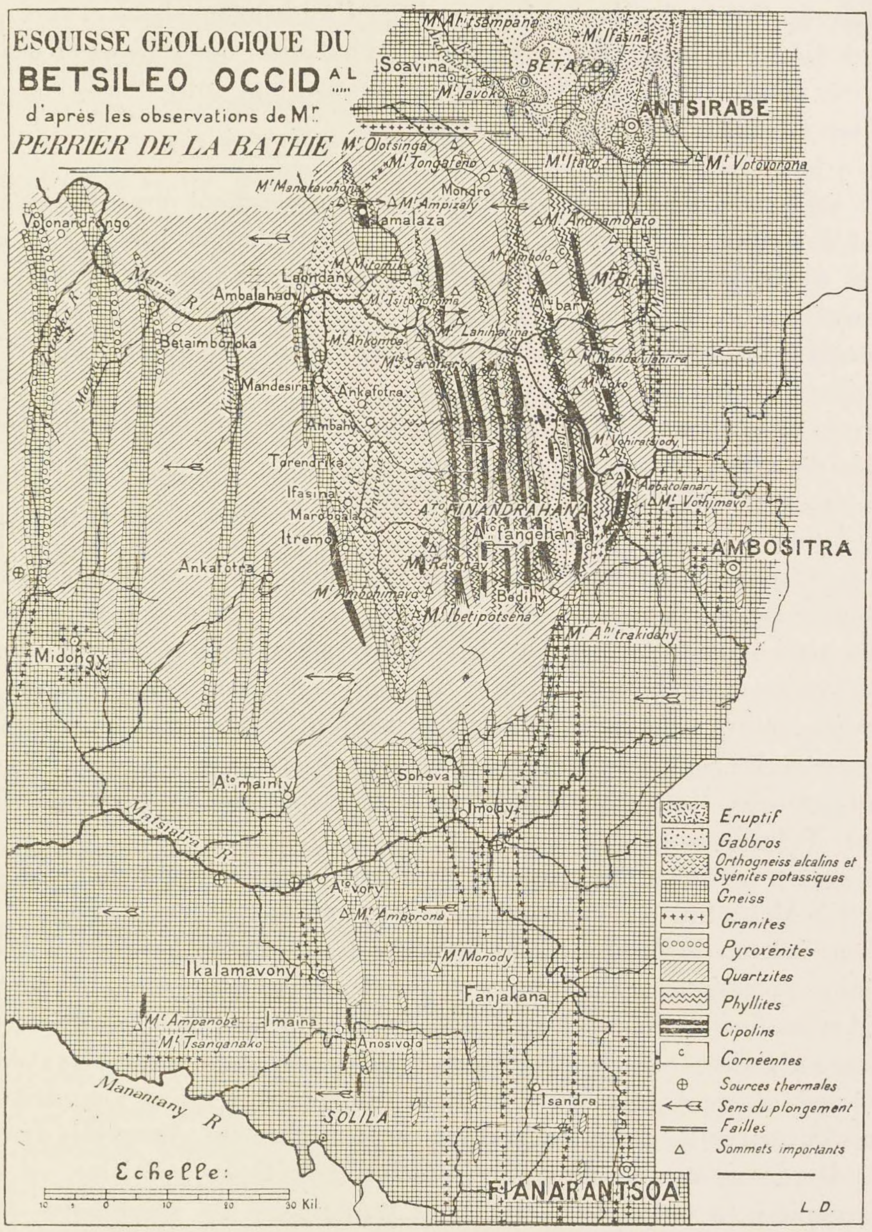

ESQUISSE GÉOLOGIQUE DU
BETSILEO OCCIDAL
d'après les observations de Mr
PERRIER DE LA BATHIE
Soavina
BETAFO
ANTSIRABE
Volonandrongo
Ambalahady
Betaimboroka
Mandesira
Ankafotra
Ambahy
Torendrika
Ifasina
Itremo
Ankafotra
Midongy
Mondro
Ankomba
Soheva
Imody
Ikalamavony
Imaina
Anosivolo
Fanjakana
Isandra
SOLILA
FIANARANTSOA
AMBOSITRA
Manantany R.
Mania R.
Matsiatra R.
Echelle:
Kil.
Eruptif
Gabbros
Orthogneiss alcalins et Syénites potassiques
Gneiss
Granites
Pyroxénites
Quartzites
Phyllites
Cipolins
Cornéennes
Sources thermales
Sens du plongement
Failles
Sommets importants
L. D.

Fig. 1.

Laondany, et aussi à l'Ouest d'Andohatsindra, il existe même des schistes carburés à chiastolite, dans lesquels se rencontreront peut-être un jour des fossiles paléozoïques. Sur les bords de l'Ivato, à l'Est d'Ambatofangehana et surtout dans la région d'Ambatofinandrahana, ce sont des phyllades, des schistes et des quartzites à très petites lamelles de biotite (direction oscillant entre Nord-Sud et Nord-Est), avec intercalations de calcaires cristallins.

Tous les termes de cette série métamorphique renferment des intrusions, ayant souvent de grandes dimensions, et des dykes de roches éruptives. Les granites sont les roches prédominantes ; ils forment des massifs importants (région de la Sahatany ; Ambatofangehana ; Vatomavo ; Vohitrakidahy ; entre la Mania et la Matsiatra, sur le méridien d'Ambatofinandrahana, etc.). Ces granites appartiennent à des types de composition très variée.

Souvent ils ont été soumis à des actions mécaniques qui les ont plus ou moins modifiés dans leur structure ; après recristallisation, ils ont été transformés en gneiss (Ouest d'Ambatofinandrahana ; Midongy, etc.).

En relation avec ces intrusions granitiques, abondent, aussi bien dans les granites eux-mêmes que dans les sédiments métamorphiques voisins, des dykes d'aplites et surtout de pegmatites, gemmifères ou non ; l'énumération de leurs gisements et leur description sont données dans le chapitre spécial à ces roches ; je citerai seulement comme exemple la vallée de la Sahatany, en faisant remarquer que, tandis que les pegmatites potassiques se trouvent souvent dans le granite, les quartzites et les schistes, les pegmatites sodo-lithiques sont observées surtout dans les calcaires (Antsongombato, Maharitra, etc.) et plus rarement dans les quartzites (Anjanabonoina, Tsilaizina).

Aux granites et aux orthogneiss qui en dérivent dans la région comprise entre la Mania et la Matsiatra, de même qu'aux assises schisto-calcaires du Sud d'Ambatofangehana (région de Bedihy), sont associés des filons de granites à aegyrine, de syénites potassiques à amphiboles et pyroxènes sodiques (torendrikite et aegyrine) (Ambatofinandrahana). Entre Itorendrika et Ifasina, dans la vallée de l'Imorona, ces roches sont accompagnées d'aplites alcalines et de pegmatites syénitiques à minéraux cériques (bastnaésite, tscheffkinite), à aegyrine et torendrikite. Les calcaires et quartzites redressés verticalement renferment, intercalés dans leurs strates des filons minces de diverses roches syénitiques spéciales, en voie de transformation en orthogneiss, les unes renferment des amphiboles sodiques (Bedihy), les autres sont micacées (Andohatsindra dans la vallée d'Itsindra ; région d'Ambatofinandrahana et au Sud-Ouest, le mont Ravotay, etc.). Il existe aussi quelques filons d'autres roches, microsyénite très micacée (rive gauche de

l'Ivato, au Nord-Est d'Ambatofangehana), minette (Ouest d'Ambatofinandrahana et d'Ambatofangehana).

D'intéressants phénomènes de contact s'observent, surtout dans les calcaires, au voisinage des granites ; quelques gisements métallifères, cuprifères et plombifères, sont en relation avec eux (Ambatofangehana, etc.) ou avec des roches basiques transformées en amphibolites (Mandro sur la Mianjona).

Les roches éruptives basiques ne sont pas rares non plus ; ce sont surtout des gabbros et des diabases, parfois hypersthéniques ou péridotiques et plus rarement des péridotites. Elles constituent des dykes ou de véritables massifs ; comme exemple de massifs, il faut noter surtout celui qui, débutant au Nord d'Ambohibary (au Nord de la Manandona), traverse cette rivière, puis la Mania et constitue le fond de la vallée de l'Itsindra jusqu'au voisinage de Bedihy. Il est dominé de toutes parts par des éminences de calcaires cristallins et de quartzites. Il est remarquable par ses nombreux facies de variation (gabbros plus ou moins mélanocrates, avec ou sans olivine et hypersthène, pyroxénolites, wehrlites), il est traversé par des filons minces d'aplites, de pegmatites à tourmaline, de diorite leucocrate, de syénite néphélinique ; il enveloppe des lambeaux de calcaire cristallin gris, de 4 à 5 mètres d'épaisseur, simulant des filons. Je signalerai encore les massifs de gabbros de la rive gauche de l'Isakely à l'Est de Laondany, d'Ambatoasana sur la Sakay, et d'Ambohimizana (Ouest de Soavinandriana). Partout ces roches intrusives sont accompagnées d'amphibolites feldspathiques résultant de leur transformation, mais tandis que dans certaines régions elles sont remarquablement intactes sur de grandes surfaces, ailleurs elles sont totalement transformées. Tantôt ces amphibolites ne sont pas rubanées, et elles conservent l'apparence extérieure d'une roche éruptive (région de Betafo, d'Anjanabonoina, etc.), et tantôt elles prennent l'aspect d'une cornéenne de contact (Bedihy ; Sud-Est d'Ambalahady) ; enfin, d'autres sont très schisteuses et affectent même parfois de loin l'apparence de phyllades.

3° Bordure côtière de l'Est.

De nombreuses lacunes existent dans la connaissance de la région s'étendant du pied de la grande falaise de l'Est à la mer. Comme dans la région forestière de la côte Nord-Est, l'épaisse végétation ne permet que rarement de voir le sous-sol et souvent la constitution géologique ne peut être étudiée que dans le lit des rivières torrentielles tombant en cascades le long des échelons qui, par gradins successifs, conduisent à la côte. Cette région paraît à la fois très plissée et très faillée.

α. **De la baie d'Antongil à Farafangana.** — Au Sud de la baie d'Antongil, la zone côtière est gneissique, mais avec des micaschistes ; ceux de la côte vis-à-vis Sainte-Marie, depuis Mananara jusqu'à Mananatafa et notamment ceux de Soanierana, sont remarquables par leurs variations minéralogiques (types à épidote, à disthène, etc.) ; ils sont associés à des amphibolites feldspathiques spéciales, à des épidotites et ils présentent quelques intercalations de lits gneissiques.

Dans le fond de la moyenne et basse vallée du Maningory, entre le lac Alaotra et la côte, je n'ai vu des roches intactes que dans quelques ravins : ce sont des gneiss souvent riches en mica, très rubanés ou schisteux, fréquemment grenatifères (Sahatavy) ; les lits d'amphibolites feldspathiques très grenatifères prédominent (Sahatavy) ; très nombreux sont les dykes de diabases.

Les quelques documents que je possède sur le bassin de l'Onibe indiquent une semblable constitution.

Dans la vallée de l'Ivoloina se rencontrent de véritables micaschistes renfermant localement de la sillimanite, du corindon, du grenat ; ils sont associés à de remarquables quartzites à fuchsite d'un vert émeraude.

La région forestière qui se développe à l'Est du Mangoro (Moramanga, Beforona, Lakato, Anosibe) est gneissique (direction fréquente Nord-Sud) avec de nombreux dykes de pegmatite et de diabase qui peuvent être étudiés le long de la Vohitra. Il s'y trouve des micaschistes et des roches granitiques endomorphisées à corindon ; de nombreuses rivières roulent des cristaux de ce minéral qui est exploité dans les alluvions des environs de Beforona et de Lakato. Il existe aussi des micaschistes graphiteux. Sur le versant occidental de la vallée du Mangoro, au pied de l'Angavo, se rencontrent des gabbros en voie de transformation en pyroxénites grenatifères (vallée de Lohasaha).

Plus au Sud, ce sont encore des gneiss et des granites qui constituent la grande falaise, notamment sur les flancs de la chaîne de l'Andringitra, de l'Ivohibe ; il semble n'y exister que peu de quartzites et les calcaires cristallins y sont très rares. Par contre, les quartzites abondent dans les gneiss de la falaise inférieure (sur l'Ikongo ; Ampasika sur le Faraony ; sur l'Ampoasary, etc.). Les gneiss encore dominent entre la seconde falaise et la mer.

Le caractère micaschisteux se trouve aussi çà et là près de la côte, dans la région d'Andovoranto (Anivorano), de Vatomandry ; mais les micaschistes ne paraissent y jouer qu'un rôle subordonné au milieu des gneiss. Là encore l'abondance du corindon dans les alluvions de nombreuses rivières conduit à penser qu'il y existe des micaschistes du même type que ceux du Sud-Est d'Antsirabe ; mais ils n'ont pas encore été signalés en place. Les nombreux gisements de gra-

phite de la région orientale se trouvent surtout dans la falaise inférieure au milieu de ces formations micaschisteuses.

Les accidents calcaires paraissent très peu abondants (Antetezambato, à 45 kilomètres Nord-Ouest de Mahanoro ; route de Mananjary à Fianarantsoa).

Enfin, des schistes à séricite blancs, verts ou rouges, à éléments souvent très fins, peu métamorphisés, constituent la plus grande partie du bassin de la Maha et se rencontrent dans celui de la Saka, de la Sakaleona, à Ambodimanga près Mahanoro, à Antsenavola (bassin de la Matitanana) ; sur la Sakavolo près Andranomainty, ils renferment des lits de quartz, souvent aurifères, ou sont traversés par des filons quartzeux. Il est vraisemblable que ces schistes doivent être comparés à ceux de la série des Hauts Plateaux, dans la région d'Ambatofangehana.

La région qui vient d'être passée en revue, mais seulement semble-t-il jusqu'au parallèle de Fort Carnot, est riche en filons de diabases [1] ; les unes, plus ou moins ouralitisées, sont en voie de transformation en amphibolites ou en pyroxénites feldspathiques et les autres, plus récentes, sont intactes.

Je renvoie à la page 138 pour l'examen des parties de la région côtière où existent des roches volcaniques et à la page 69 pour les quelques lambeaux de calcaire crétacé localisés au voisinage immédiat de la côte.

β. **Sud de Farafangana.** — Je dois surtout à M. Perrier de la Bathie les documents que je possède sur cette région. Sauf une chaîne volcanique côtière, le bassin de la Mananara et de ses grands affluents, l'Itomampy et l'Ionaivo, est essentiellement granitique et gneissique. A la base de la falaise inférieure, les gneiss sont parfois grenatifères. Les quartzites, en lits minces, ne sont pas rares entre cette falaise (Fandrangato) et l'Itomampy.

Les accidents calciques sont peu fréquents : calcaires cristallins (10 kilomètres Ouest d'Esira sur l'Itomampy ; Bereketa sur la rive droite de la Sahambana) ; grenatite à anorthite (chaîne séparant l'Ionaivo de la Sahambana) ; wernéritite (entre Tsilamaha et Ranotsara sur les deux rives de l'Ionaivo). Les orthoamphibolites feldspathiques (pic de Farafasina sur la rive droite de la Mananara, à la base de la falaise inférieure) et les orthopyroxénites feldspathiques (entre Ankarana et Anilobe, entre la Manambia et Bereta) sont plus communes.

1. Dans la collection de roches recueillies par Catat, se trouve une syénite quartzifère à pyroxène et amphibole sodiques identique à celle d'Ambohitrosy et indiquée comme provenant de la vallée du Mangoro. Cette roche n'a pu être retrouvée en place, mais comme l'Ambongo n'était pas connu lors du voyage de Catat, on ne peut admettre que cette roche si spéciale en provienne. Il y a là à résoudre un intéressant problème car, à l'Ambohitrosy, cette syénite est post-triasique. Les roches éruptives non gneissifiées du Massif cristallin, ou tout au moins certaines d'entre elles, pourraient donc bien n'être pas paléozoïques.

Les dykes de diabase sont exceptionnels dans cette région (entre Soarano et Tsilamaha), aussi bien que dans la vallée de l'Iantara (environs de Mahazoarivo). Quant aux roches volcaniques, elles seront signalées plus loin.

Entre le bassin de la Mananara et Fort-Dauphin, les roches dominantes sont des gneiss micacés, souvent pyroxéniques et amphiboliques, avec intercalations de pegmatites et de bancs de quartz. Près de Vangaindrano, des gneiss assez feuilletés et graphiteux renferment des lits d'une belle pegmatite à biotite et orthose d'un blanc bleuté.

On trouvera dans le paragraphe III de ce chapitre l'énumération des coulées de roches basiques rencontrées en de nombreux points, au voisinage immédiat de la côte.

c. — Massif méridional.

α. **Nord de l'Onilahy.** — C'est M. Perrier de la Bathie et M. Giraud qui m'ont surtout fourni des roches de la région située immédiatement au Sud du pic d'Ivohibe et s'étendant jusqu'à l'Onilahy.

C'est un pays de granites, de gneiss et de leptynites. La roche la plus abondante dans l'Horombe est un granite à biotite alignée, mais les paragneiss jouent un rôle important dans certains districts. C'est ainsi que des gneiss et des quarzites à sillimanite et grenat se trouvent sur la rive gauche de la Lalana, à l'extrémité occidentale de l'Horombe (Est de Betroka). Dans la vallée de l'Ihosy (rive gauche en amont d'Iamanda, puis dans la chaîne qui sépare l'Ihosy de la Sahambana), il existe de beaux gneiss à cordiérite, grenat et sillimanite. Le lit de l'Imaloto, à la limite des schistes cristallins, renferme une extraordinaire variété de gneiss et de leptynites grenatifères, offrant parfois de remarquables déformations par actions mécaniques, preuve de phénomènes orogéniques importants.

Les calcaires cristallins sont fréquents dans la partie occidentale de cette région, notamment dans la vallée de l'Imaloto ; ils se trouvent par conséquent sur le prolongement méridional de ceux signalés page 35 dans la vallée de la Menamaty ; on les retrouve en amont de Benenitra dans la vallée de la Mahasoa.

Je signalerai enfin des orthoamphibolites et des orthopyroxénites feldspathiques dans de nombreux gisements (vallée de l'Irina, à l'Ouest d'Ihosy ; rivière Bilamby entre Ihosy et Ranohira ; Sakavalona, à 10 kilomètres Sud-Est de Ranohira ; vallée de la Lalana, etc.).

Parmi les roches éruptives intéressantes, autres que le granite, j'indiquerai une wehrlite, apparaissant au milieu des gneiss et des leptynites sur la rive droite de la Mahasoa.

β. **Sud de l'Onilahy.** — A l'Ouest de Betroka, tout l'espace compris entre l'Onilahy et son affluent de gauche, l'Hazofotsy, puis entre cette rivière et la chaîne de Tsiombivositra qui sépare les bassins de l'Onilahy et du Mandrare est essentiellement constitué par des gneiss de types très variés (orientation Nord-Est et Nord-Nord-Est), avec prédominance des leptynites souvent très grenatifères (notamment entre Betroka et Itrongay) ; les mêmes roches se rencontrent plus à l'Ouest, jusqu'à la limite des schistes cristallins ; les types riches en grenat sont particulièrement abondants dans la région d'Ibeandry (rivière Ankazomanga).

Il faut signaler la fréquence des intercalations d'amphibolites feldspathiques (Isakoa, Itrongay, massif de l'Iankara à sa traversée par la Sakavola) renfermant parfois de gros grenats (Ibeandry ambany), de pyroxénites (Angodongodona ; entre Ampasimainty et Ambatomainty dans la vallée de l'Ivahona), de calcaires cristallins (12 kilomètres nord d'Ambatomainty ; Sahaninoka, entre Betroka et Itrongay ; Itrongay ; passage de l'Iankara ; entre Ianakafy et Ivohiby en amont de Benenitra). La surface du sol de cette région, mais particulièrement là où se trouvent les roches basiques ou des calcaires, est fréquemment recouverte d'une croûte de travertin de 1 à 2 mètres d'épaisseur (Ambatomainty, Itrongay, etc.). Des quartzites existent au Sud du mont Vohibory.

Les dykes et les lentilles de pegmatites (voir tome II à *Pegmatites*) sont très abondants dans cette partie de l'île. Les pegmatites à muscovite et microcline renferment localement de beaux cristaux de tourmaline, de zircon, de la tscheffkinite. Il faut signaler encore la pegmatite à orthose ferrifère et diopside d'Itrongay et probablement quelques filons de pegmatite sodo-lithique.

Il existe aussi des roches éruptives basiques, associées à des orthoamphibolites feldspathiques ; un gabbro à hypersthène dans les leptynites à l'Ouest de Sahaninoka, des péridotites serpentinisées dans les quartzites et les calcaires cristallins au passage de l'Onilahy dans la chaîne de l'Ibekara, en amont de Benenitra, et aussi au mont Vohibory.

Pays Mahafaly [1]. — La bordure orientale du Massif cristallin, irriguée par la Linta et la Menarandra est une pénéplaine basse, dominée de 60 à 150 mètres par le plateau calcaire éocène côtier ; comme je l'ai fait remarquer déjà, les relations entre les sédiments et les formations anciennes sont donc inverses de celles qui caractérisent le Bongolava. La direction moyenne des schistes cristallins y est Nord-Est.

1. Pour la clarté de l'exposition, je le prolonge jusqu'au mont Vohibory, au Sud-Ouest de Benenitra: li est limité au Sud-Est par la Menarandra.

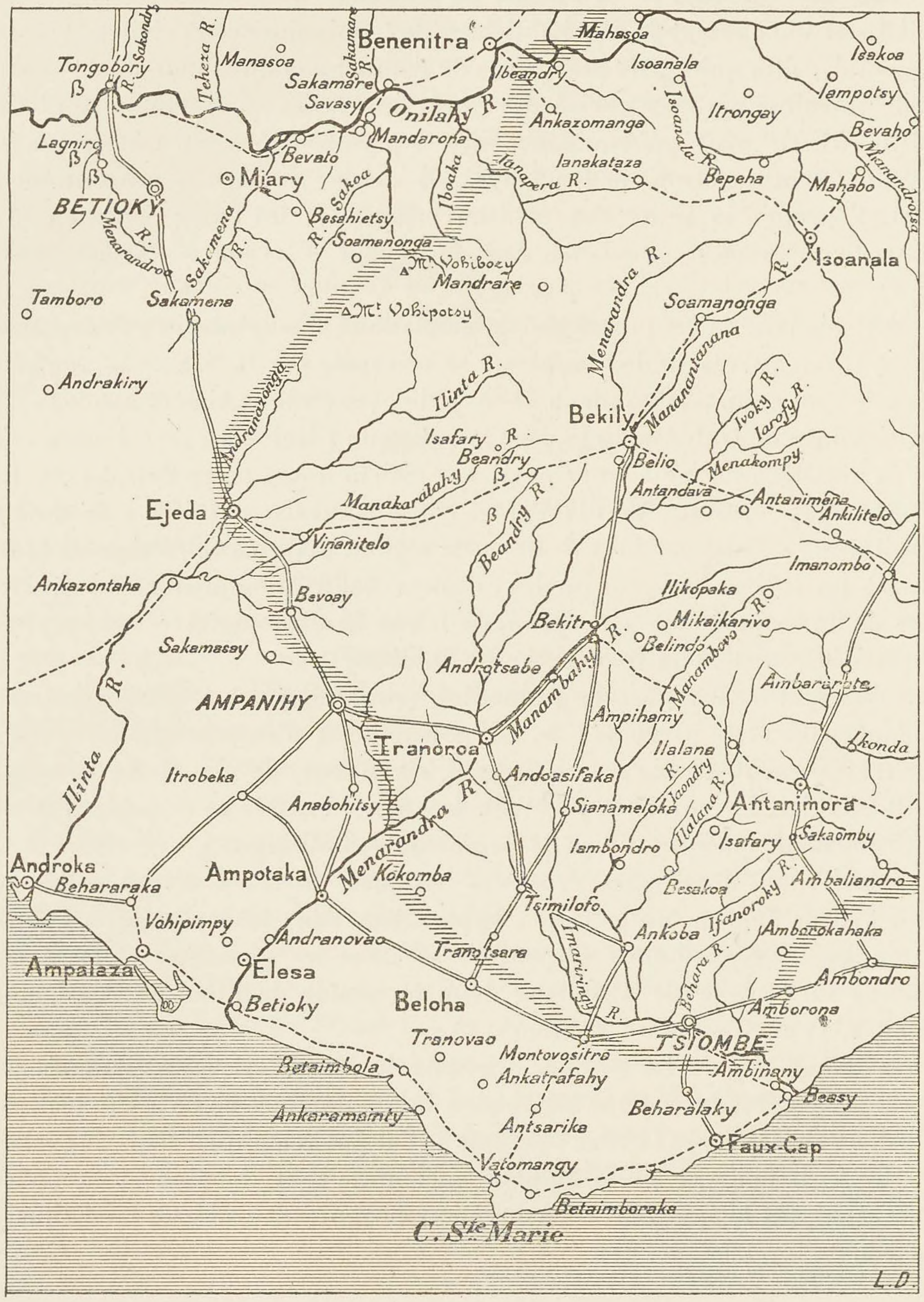


Fig. 2. — Limite des sédiments et des schistes cristallins dans le pays Mahafaly et l'Androy occidental.

La roche dominante est un gneiss peu micacé, parfois graphiteux, souvent grenatifère et riche en sillimanite (Antafiamalama dans les gorges du Menarandra) ou une leptynite très grenatique (région d'Ampanihy ; bassin de la Linta). Ses feldspaths sont parfois kaolinisés et silicifiés ; la roche, devenue très dure, forme alors des murailles isolées, de quelques centaines de mètres de hauteur qui simulent des dykes (Betaimbolo, entre Ampanihy et Bekily ; Betioky sur le Manambovo). Il existe aussi des orthogneiss œillés (rivière Savasy près Soamanonga, Ampanihy, Tranoroa) et des gneiss plus micacés que le type normal et souvent grenatifères ; ils sont quelquefois riches en magnétite (entre la Savasy et Soamanonga) ou en graphite (région du Nord-Est ; Tranoroa).

Enfin, des calcaires cristallins constituent des lentilles allongées Nord-Nord-Est comme les gneiss ; elles forment souvent le sommet des montagnes, dont les flancs sont jonchés de blocs blancs faisant au premier abord illusion sur l'importance géologique de ces intercalations calcaires. Voici une série de gisements dont j'ai étudié des échantillons : dans la région d'Ampanihy (ravin de Sakaginadra et route d'Ampotaka ; Sakamay ; route de Tranoroa, à 5 heures d'Ampanihy ; rivière Sakatovo à Ampanihy ; la Manakaralahy sur route d'Ejeda ; Fotadrevo aux sources de la Manambahy ; sources de l'Ambatonalihala entre l'Onilahy et la Linta. A l'Est de Soamanonga, des lambeaux de ces calcaires cristallins apparaissent en boutonnières au milieu des grès de la bordure sédimentaire. Ces calcaires sont accompagnés de nombreux types de pyroxénites, feldspathiques ou wernéritiques (région d'Ampanihy) et aussi d'amphibolites grenatifères (région d'Ampanihy) dont une partie au moins résulte de la transformation de roches éruptives.

Je n'ai eu en mains aucun échantillon de granite intact provenant du pays Mahafaly ; par contre les dykes de pegmatites à grands éléments y sont abondants ; ils renferment quelquefois du béryl (nord d'Iandara près Ejeda) et plus souvent du grenat, de la tourmaline, de grandes lames de muscovite.

Une troctolite, associée à une roche spéciale que j'ai appelée anabohitsite, forme un petit monticule arrondi au milieu des gneiss érodés à Anabohitsy (4 kilomètres d'Ampanihy sur la route d'Ampotaka).

Androy[1]. — La série gneissique de tout l'Extrême-Sud offre une grande analogie

1. Les figures 2 et 3 ainsi que la carte géologique montrent la ligne sinueuse par quoi se terminent les schistes cristallins de l'Extrême Sud entre la Menarandra et le Mandrare avec une avancée vers le Sud jusqu'au delà du Manambovo, au delà de Tsiombe. Des grès, puis des calcaires (quaternaires) surmontant des calcaires tertiaires (éocènes ou oligocènes) cachent ensuite ces formations anciennes, qui réapparaissent localement sur la côte sous forme de récifs [Antaramaitsy (écrit par erreur Ankorimainty sur la figure 2),

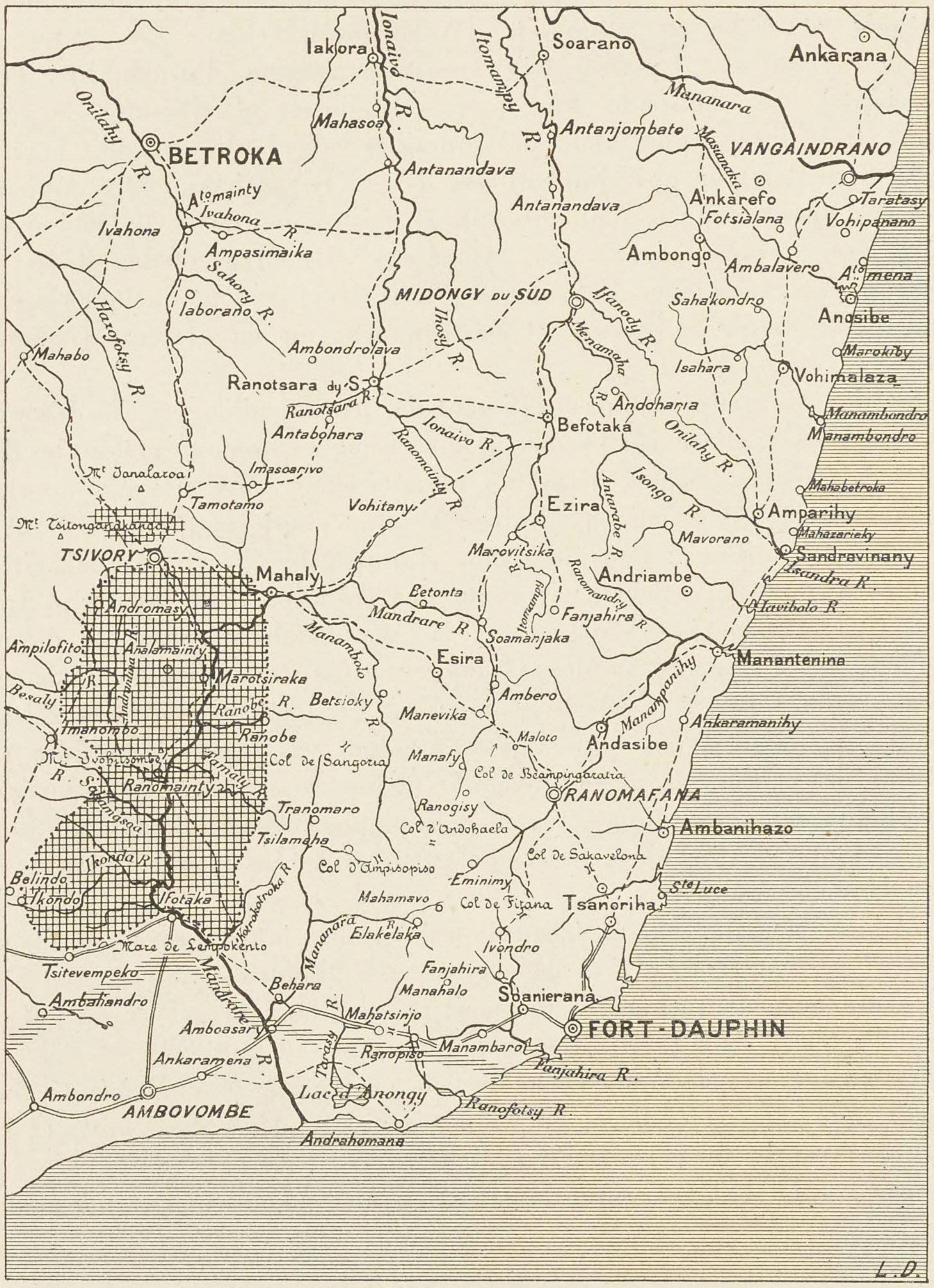


Fig. 3. — Région gneissique de l'Androy ; son massif volcanique, sa limite avec les calcaires récents de la côte méridionale.

avec celle du pays Mahafaly ; c'est elle qui sert de substratum au Massif volcanique, rhyolitique et basaltique, Antandroy. Les gneiss micacés sont souvent grenatifères, cette région est encore, par excellence, celle des leptynites dont il existe une grande variété ; beaucoup d'entre elles renferment du grenat, du spinelle, de la cordiérite ; les types graphiteux n'y sont pas communs (Isafary, près Antanimora ; Betioky sur le Manambovo). Des quartzites ont été rencontrés au Nord d'Ifotaka, dans la région volcanique.

Une des caractéristiques lithologiques les plus intéressantes de l'Androy réside dans l'abondance, au milieu des gneiss, des bancs de calcaires cristallins ; ils se rencontrent depuis le pays Mahafaly, jusqu'aux bords de la vallée du Fanjahira, c'est-à-dire à l'Ouest de Fort-Dauphin, mais ils ne paraissent pas exister dans la partie orientale de la province.

Voici l'énumération de quelques gisements dont j'ai étudié des échantillons : Ampilofilo (Sud-Ouest de Tsivory), mais surtout le Nord et le Nord-Ouest : environs de Vohitany, Vohibory ; Ambero ; la rive gauche du Mandrare entre Maneva et le Nord de Mahiafia (Nord-Ouest d'Esira) ; le col d'Elakelaka ; Analamazava sur le Mandrare ; les sources du Manambolo et les affluents de gauche de cette rivière (Tsilamaha). Tous ces calcaires renferment des silicates calciques, mais il existe aussi des calcaires à minéraux magnésiens (chondrodite, spinelle, etc.) : rive droite de l'Antainsahona (amont d'Imanombo) ; Sud d'Ambararata (entre Imanombo et Antanimora) ; sources du Manambolo ; entre Ranopiso et Behara ; Est de Tsiombe ; Nord de Belindo (sur la Manakampy).

Fort variées sont les roches silicatées dérivant des cipolins à minéraux calciques, dans les vallées du Mandrare, du Manambolo, de la Mananara, ce sont non seulement des pyroxénites feldspathiques, mais aussi des types riches en wollastonite, en scapolite (wollastonitite, scapolitite), formant au milieu des calcaires des bandes sinueuses plissées (Sakalalina). Ces roches spéciales manquent dans la partie occidentale de l'Androy, où l'on ne trouve plus que des pyroxénites feldspathiques (région de Bekily).

Il existe quelques massifs granitiques (granite porphyroïde sur le flanc de Elakelaka, Manahalo), et beaucoup de dykes de pegmatites. Une norite très leucocrate, passant à la labradoritite, se trouve dans le bassin de la Bevinda et du Volovolo (sous-affluents de droite du Manambovo), à l'Ouest d'Antanimora.

Vatomangy) émergeant au milieu des dunes (M. Decary) ou au pied de falaises (Androhomana). Presque partout les gneiss sont verticaux. Sur cette côte de l'Extrême-Sud, le sable de la mer est riche en grenat rose, même là où n'affleurent pas les schistes cristallins.

III. — FORMATIONS SÉDIMENTAIRES

A. — *Distribution des sédiments.*

Il n'entre pas dans le cadre de cet ouvrage d'étudier d'une façon complète les formations sédimentaires de l'île, mais il est nécessaire d'exposer brièvement la constitution et la chronologie de la large étendue de terrains stratifiés qui, du Nord au Sud, bordent le revers occidental du Massif cristallin (pays Sakalava) et aussi celle des lambeaux crétacés longeant l'Océan Indien près de la côte orientale, ne fût-ce que pour situer dans le temps et dans l'espace les roches sédimentaires dont la description minéralogique sera donnée dans le tome II, et pour légitimer les quelques notions d'âge formulées dans les chapitres consacrés aux roches éruptives, qui abondent dans diverses parties de la région sédimentaire de l'Ouest.

Ces formations sédimentaires ont fait l'objet de recherches sur le terrain de la part de Baron, Colcanap, Cortese, Villiaume, de MM. E. Gautier, J. Giraud, A. et G. Grandidier, P. Lemoine, Merle, Perrier de la Bathie ; ils en ont publié les résultats [1], mais en outre, les observations et les récoltes de plusieurs d'entre eux et celles de divers colons, explorateurs, fonctionnaires coloniaux ou officiers ont suscité de nombreux mémoires ou notes de MM. Boule, J. Cottreau, Depéret, H. et R. Douvillé, E. Fischer, Forsyth Major, G. Grandidier, P. Lemoine, Leriche, Monnier, Newton, Thevenin, Zeiller et autres. A cet égard, je citerai les monographies paléontologiques publiées par M. Boule et par ses élèves [2] et qui sont surtout consacrées à la description des admirables collections de fossiles malgaches du service de Paléontologie du Muséum, où j'ai trouvé

1. On trouvera, à la fin du tome II, la bibliographie des principaux de ces travaux.

2. Ces monographies ont été publiées dans les *Annales de Paléontologie* de M. Boule sous la rubrique générale de *Paléontologie de Madagascar* :

I. M. Boule et Thevenin, *Fossiles de la côte orientale de Madagascar*, t. I, 1906, pp. 43-49.

II. R. Douvillé, *Sur quelques gisements nummulitiques de Madagascar*. *Ibid.*, pp. 61-68.

III. M. Boule, Thevenin, P. Lemoine. *Céphalopodes crétacés des environs de Diego-Suarez*, t. I, pp. 173-192 et t. II, pp. 1-56.

IV. Thevenin, *Dinosauriens*, II, 1907, pp. 97-120.

V. Thevenin, *Fossiles liasiques*, III, 1908, pp. 105-144.

VI. J. Cottreau, *Echinides de Madagascar*. *Ibid.*, pp. 145-188.

VII. L. Monnier, *Les Æpyornis*, VIII, 1913, pp. 125-172.

VIII. P. Lemoine, *Ammonites du jurassique supérieur du cercle d'Analalava*, V, 1910, pp. 137-168 ; VI, 1911, pp. 45-64.

IX. Germain. *Mollusques terrestres* et *fluviatiles quaternaires*, 1921, pp. 1-36.

moi-même beaucoup des matériaux utilisés pour la rédaction du chapitre de cet ouvrage consacré aux roches sédimentaires.

La carte géologique (voir tome II) met en évidence la disposition remarquable des sédiments de l'Ouest ; le Massif cristallin est bordé par une zone, souvent étroite, de dépôts détritiques appartenant en grande partie au Trias, mais comprenant localement des terrains, plus anciens à sa base (vers le Sud-Ouest) ou plus récents à son sommet. Cette zone s'élargit dans le Menabe et dans l'Ambongo pour entourer les deux îlots[1] de schistes cristallins, pendant longtemps tout à fait isolés du Massif cristallin. Le détroit qui les séparait de celui-ci a été peu à peu comblé par des dépôts gréseux ; de petits causses du Lias isolés semblent indiquer que son obturation définitive est un peu postérieure à cette période géologique ; dès lors, cette pointe de terrains émergés, dirigée vers le cap Saint-André, a joué un rôle important dans la disposition des sédiments. C'est par suite de son existence que, dans cette région, la limite du Jurassique, puis du Crétacé, cesse d'être, comme plus au Nord et plus au Sud, grossièrement parallèle au bord du Massif ancien pour s'incurver autour de cette petite région cristalline. Cette avancée vers l'Ouest a déterminé la production du golfe jurassique, au fond duquel se voient aujourd'hui le causse d'Ikavo et le plateau calcaire d'Ankara, puis le grand golfe crétacé qui lui fait suite et sur le bord extérieur duquel se trouvent les sédiments éocènes de Majunga. On remarquera en outre à la pointe de l'Ambongo le rétrécissement du Crétacé qui reprend de l'ampleur plus au Sud.

Dans l'exposé qui suit des limites des diverses formations, j'ai largement utilisé les données que m'a fournies M. Perrier de la Bathie et les cartes antérieurement publiées par MM. Boule [176], E. Gautier [292] et P. Lemoine [199].

a. — Limite du Massif cristallin et des sédiments paléozoïques ou triasiques.

Sauf certaines exceptions[2], le contact des formations sédimentaires et du Massif cristallin se fait, non par superposition régulière, mais par failles parfois jalonnées par des dénivellations considérables dont les hautes falaises du Bongolava (800 à 1 000 mètres, entre Ankavandra[3] et Malaimbandy), dominant la

1. Les grès qui les séparent l'un de l'autre supportent des lambeaux de calcaire liasique (Perrier de la Bathie).

2. En voici quelques-unes relevées dans les observations que m'a communiquées M. Perrier de la Bathie : Sur petit affluent de gauche de l'Ifasy ; rivière Amboloandro (rive droite de la Tsiribihina); Nord de Sikidy, au Sud de Miandrivazo (rive gauche de la Tsiribihina); confluent de la Sakamadio et de l'Imaloto ; entre l'Andramby (affluent de droite de l'Imaloto) et la Bena ; confluent de la Behera et de l'Andramby ; confluent de l'Ankitoboka et de l'Imaloto, etc.

3. Au Nord et au Sud de ces localités, le relief du Bongolava va en s'atténuant.

région Sakalava, constituent l'exemple le plus typique. Ces failles sont parfois rectilignes sur de grandes longueurs (failles du Bongolava entre le Mangoky et Beravina).

Il est assez fréquent de retrouver au voisinage ou souvent assez loin de la ligne de contact, des lambeaux de schistes ou de grès restés en place sur les schistes cristallins ou le granite [1], témoignant d'une extension des sédiments vers l'Est, plus grande que celle observée aujourd'hui, ou bien inversement des compartiments de granites ou de schistes cristallins isolés par failles au milieu des sédiments [2].

Ces lambeaux de sédiments restés accrochés sur le gneiss de la bordure du massif ancien ont conduit les auteurs des premières esquisses géologiques de l'île à une curieuse méprise ; ils ont figuré, au milieu des schistes cristallins de la région de Janjina, une bande de Trias-Lias, longue de plus de 100 kilomètres et large d'une cinquantaine, qui ne correspond qu'à quelques minuscules îlots gréseux, tels que ceux d'Ekiposa, pouvant à peine figurer sur des cartes à aussi petite échelle.

La constitution lithologique des divers niveaux géologiques a un retentissement remarquable sur l'orographie de la région sédimentaire.

Les sédiments peu cohérents de la base (Permo-Trias) sont limités par deux zones de roches plus résistantes, celle du Massif cristallin à l'Est, celle du Jurassique à l'Ouest : aussi constituent-ils une zone de moindre résistance à l'érosion qui a été profondément entamée. Ces sédiments forment tout le long du Massif cristallin la dépression ininterrompue, mais de largeur variable (vallée triasique d'Emile Gautier, permo-triasique de M. Perrier de la Bathie), dont il a été déjà question page 10 ; elle a une altitude moyenne de 80 à 100 mètres avec un maximum de 500 mètres environ près de Ranohira, où les terrains cristallophylliens n'ont presque plus de relief, tandis que le massif de l'Isalo atteint 1 000 à 1 200 mètres.

1. Entre Betankilotra et l'embouchure de la Loky, lambeaux de grès triasique sur les schistes métamorphiques du mont Ankaramy et sur les gneiss du mont Mahabenofo. — A Amboriky (Est d'Ankavandra), nombreux lambeaux de grès et de schistes fossilifères sur les schistes cristallins. — Entre la Tsiribihina et le Mangoky : entre la rivière de Belempoka et 3 kilomètres Est d'Andranomandevy, nombreuses enclaves de sédiments dans gneiss jusqu'à plus de 4 kilomètres Est de la faille limite. A Ekiposa (2 kilomètres Sud de Janjina) lambeaux de grès subhorizontaux juchés au sommet du cristallin du Bongolava ; à 1 kilomètre Sud d'Ivika (Nord-Est de Ranohira), etc.

2. Entre Ankavandra et Miandrivazo — Ouest de Tsimandranto, enclaves de granite au milieu des schistes argileux et des grès — Entre Andranomarary et le kilomètre 18 de la route de Malaimbandy à Miandrivazo, au pied du Bongolava, série de petits pics de schistes cristallins au milieu des grès. — Au mont Ambohibola et plus au Nord réapparition des schistes cristallins à 2 kilomètres Ouest de la limite des sédiments ; rive droite de la Sakavola, affleurement de cipolins au milieu des grès. La Sakave et un petit affluent de droite coulant de l'Est à l'Ouest et la Menamaty (au Nord de Ranohira) ont entaillé les sédiments jusqu'au cristallin sous-jacent à plus de 5 kilomètres à l'Ouest de la limite des sédiments. — Entre l'Onilahy et le Mangoky, fréquentes apparitions de lambeaux cristallins sous les sédiments érodés jusqu'à 4 ou 5 kilomètres à l'Ouest de la faille limite. — Entre la Linta et l'Onilahy, enclaves des monts Vohibory et Marosavoa.

b. — Limite du Trias et du Jurassique.

Au Nord de l'Ikopa, cette limite ne correspond pas à un facies orographique spécial, mais à partir de ce fleuve (près de Marololo), il n'en est plus de même. Jusqu'au mont Ambohibetratra, au Sud d'Andranomavo (région du cap Saint-André), on observe un plateau très net, que termine une falaise tournée vers l'intérieur de l'île[1], et dominant de 100 à 400 mètres la plaine permo-triasique; il est constitué, à sa base par les grès de celle-ci, au sommet par des calcaires jurassiques et c'est là le caractère de toutes les falaises dont il va être question plus loin d'être recouvertes par une couche de roches résistantes qui ont protégé contre l'érosion les sédiments moins solides de la base. Ce plateau a reçu des noms divers: *Ankara,* puis *Beronono* entre l'Ikopa et le Mahavavy, enfin *Ikavo* au delà de ce fleuve.

A partir du mont Ambohipisaka, dans la région du cap Saint-André, la limite de séparation n'est pas moins nette; le plateau porte alors le nom de *Bemaraha* (ses parties rocailleuses et boisées constituent l'*Antsingy*), puis d'*Ambalimba.* Mais, en allant vers le Sud, la couche protectrice de calcaire jurassique diminue peu à peu d'épaisseur pour disparaître près de Malaimbandy (l'extrémité du plateau est quelquefois désignée sous le nom de *Tsiandava*); elle est remplacée par des grès durs qui constituent la partie supérieure des sédiments du Makay et de l'Isalo; il n'y a plus là de falaise continue, mais une suite de pics, irréguliers de forme et d'altitude, dominant de 400 à 1200 mètres la dépression triasique.

Au-delà de l'Onilahy, les limites topographiques correspondent à une différence de relief moins nette, bien qu'encore distincte jusqu'aux environs d'Ejeda.

c. — Limite du Jurassique et du Crétacé.

Entre la baie d'Ampasindava et le cap Saint-André, les marnes et les calcaires tendres du Jurassique moyen constituent de grandes plaines; c'est une zone de dépression presque aussi basse (80 mètres d'altitude moyenne) que celle du Trias. Elle est limitée vers la mer par un plateau continu qui la domine de 100 à 300 mètres. Sa base est constituée par des calcaires crayeux, et la zone protectrice est ici formée par des grès du Crétacé inférieur: il s'appelle, du Nord au Sud, *Mana-*

1. Dans toute la région sédimentaire de l'Ouest se rencontrent de petits ressauts, toujours orientés vers l'intérieur de l'île, qui n'ont pas la continuité de ceux dont il est question ici. Cette disposition topographique, si générale dans la région sédimentaire, est une conséquence de la légère inclinaison de tous les sédiments vers la mer.

samody, Bongolava (entre la Mahajamba et le Bemarivo), *Ankarafantsika* (entre la Betsiboka et la Mahajamba, entre Madirovalo et Beronono), *Anjia* et *Anjiamena*. A l'inverse de la falaise limitant le plateau jurassique, dont l'origine semble due exclusivement à l'érosion, celle du plateau crétacé, elle aussi tournée vers l'intérieur de l'île, est souvent d'origine tectonique et l'un des arguments que l'on peut invoquer en faveur de cette hypothèse réside dans la présence de dykes éruptifs dans son voisinage. Entre le cap Saint-André et la Linta, le même caractère orographique se poursuit, mais les calcaires jurassiques de la base sont remplacés par des sédiments marneux ou gréseux, alternant avec quelques calcaires.

Entre le Manambao et la Tsiribihina, la dénivellation est peu accusée, ne dépassant guère de plus d'une centaine de mètres la plaine des marnes jurassiques qui est assez étroite; elle porte le nom d'*Ampasimena*, entre le Manambao et le Manambolo, d'*Ambalimba* entre ce fleuve et la Tsiribihina. Par contre, au Sud de ce dernier fleuve, le plateau prend de plus en plus d'importance et quelques-uns de ses sommets sur l'Ilona et la Sakondry dominent la plaine jurassique de plus de 800 mètres ; il prend le nom d'*Anjiafotsy*, puis de *Bevony*, au Sud de la Tsiribihina, de *Vohimena* au voisinage du Mangoky, d'*Andrambo* entre le Mangoky et l'Onilahy ; la falaise de Kelimahetsaka domine la rive droite de la Sakondry en amont de Tanilehy. Il n'est guère douteux que ce plateau ne soit limité par des failles dont l'évidence devient de plus en plus grande à mesure qu'on s'avance vers le Sud : des dykes éruptifs les jalonnent dans un grand nombre de points, ils sont l'origine de coulées basaltiques épanchées vers l'Ouest.

d. — **Limite du Tertiaire.**

Entre la Linta et le cap Sainte-Marie, le plateau tertiaire Mahafaly est limité par une falaise qui domine de 80 mètres la pénéplaine gneissique se prolongeant dans l'Androy. Ici donc, à l'inverse de ce qui a lieu dans le reste de l'île, les schistes cristallins, à leur contact avec les sédiments, se trouvent à une altitude plus basse que ceux-ci.

e. — ***Tectonique de la région sédimentaire.***

Tectonique. — La tectonique de la région sédimentaire paraît être fort simple, au moins dans ses grandes lignes ; les couches sont presque toujours à peu près horizontales ou n'ont que de faibles inclinaisons suivant des directions déterminées, généralement vers la mer. Cette régularité est interrompue par des failles, souvent parallèles à celles qui limitent le Massif cristallin ; elles sont particulièrement abondantes dans l'Ouest, le Sud-Ouest et le Sud. Elles mettent en contact anormal

des terrains d'âge différent. On vient de voir que sur le bord du Massif cristallin elles font fréquemment apparaître, au milieu des formations sédimentaires, des lambeaux cristallophylliens dont il a été question plus haut, alors qu'inversement des lambeaux sédimentaires sont rencontrés sur les schistes cristallins. Tel est aussi le cas du petit affleurement de psammites paléozoïques à stratification très inclinée se trouvant enchâssé dans les gneiss à l'Ouest d'Ampanihy, sur la route d'Itrobeka. M. Giraud qui l'a décrit [195] a constaté que sur la surface aplanie de l'un et des autres, se trouvent des couches à peu près horizontales de grès ferrugineux qu'il considère comme éocènes ; si cette attribution est exacte cela démontrerait que, là au moins, les grands mouvements tectoniques ont été pré-éocènes.

B. — *Les diverses formations*[1].

a. — Période Permo-Triasique.

Formations inférieures. — Les formations paléozoïques fossilifères non métamorphiques ont été découvertes par Colcanap dans le Sud-Ouest de l'île, dans la région de Benenitra ; elles ont été tout d'abord interprétées par M. Boule [177]. La première notion d'âge qui ait été établie à leur sujet repose sur la découverte, dans la vallée de la Sakamena, et au sommet d'une épaisse série sédimentaire, de couches riches en nodules renfermant des empreintes de squelettes de petits reptiles de l'ordre des Rhynchocéphales (voisins des *Proteosaurus, Saurosternon, Palæohatteria*) et de poissons (*Atherstonia*). Ces squelettes étant tous dépourvus de tête leur détermination générique n'a pu être faite, mais leur attribution chronologique a été précisée, grâce à la découverte d'une feuille de *Glossopteris indica*[2], qui a conduit M. Boule à les considérer comme d'âge permien.

La présence de la houille, constatée par Colcanap [261] dans des couches situées à un niveau inférieur, donne un grand intérêt à ces formations ; elle a motivé des travaux de recherche dirigés par M. Evesque : leurs résultats ont été exposés par M. Bonnefond [258]. M. J. Giraud [195] et M. Perrier de la Bathie [207] ont publié le résultat de leurs observations sur cette région. Ceux de M. Perrier de

1. Pour le résumé des travaux antérieurs à 1911, Cf. Lemoine [202] et, d'une façon plus générale, la *Bibliographie* donnée à la fin de ce tome II.

2. La découverte à Madagascar de la flore à *Glossopteris* a une grande importance théorique ; elle apporte une confirmation de la notion du continent de Gondwana dont les portions paléozoïques de l'Amérique du Sud, de l'Afrique australe, de Madagascar, de l'Inde péninsulaire et de l'Australie sont des restes, aujourd'hui morcelés, et qui, à l'époque permienne, formaient un tout continu.

la Bathie ont été poursuivis pendant plusieurs années ; ils se poursuivent encore ; les résultats qu'il a bien voulu me communiquer me paraissent suffisamment nets pour que je m'en serve comme base de l'exposé qui suit. Ils tendent à faire considérer les plus anciennes des couches, non pas comme carbonifères, mais comme permiennes et comme vraisemblablement contemporaines des assises charbonneuses de l'Afrique australe et de l'Inde.

Sur les schistes cristallins, depuis le Nord de Ranohira [1] jusqu'au Sud de l'Onilahy, on observe un conglomérat de base [2] souvent rubéfié ; il renferme, à l'état chaotique, des blocs anguleux ou arrondis (pouvant dépasser 1 mètre de diamètre) de tous les types de schistes cristallins de la région, réunis par une pâte gréseuse et argileuse d'un noir bleuâtre. Ce conglomérat a été comparé par M. Boule aux *tillites* (conglomérat de Dwyka) de l'Afrique australe dont l'origine *glaciaire* est aujourd'hui bien établie. L'examen microscopique confirme cette assimilation au point de vue lithologique. Cependant M. Perrier de la Bathie fait à cette hypothèse les objections suivantes que je me contente d'indiquer, n'ayant vu ces roches que dans le laboratoire : 1° il n'existe pas de cailloux striés dans ce conglomérat ; la topographie des schistes cristallins qui le supportent ne présente pas la caractéristique des régions érodées par les glaciers (pas de roches moutonnées) ; le conglomérat est localisé dans les dépressions du substratum, comme le serait un conglomérat d'éboulis ou d'origine torrentielle) ; 2° la composition lithologique des blocs du conglomérat est généralement celle du substratum dans le voisinage immédiat.

Au milieu de ce conglomérat sont intercalés des grès à ciment calcaire, avec parfois (Soaravina, au Nord de Benenitra) des concrétions calcaires qui ont été prises tout d'abord pour des polypiers et qui, çà et là, ont un centre de gneiss. Ce conglomérat de base sert de substratum à des psammites dans la région de Ranohira, à des grès à *Gangamopteris* au Sud de l'Onilahy ; son épaisseur n'atteint pas plus de 40 à 50 mètres ; elle peut être très faible. Dans le bassin de l'Ianapera, ce conglomérat est parfois remplacé par un cordon de galets ou même par des grès ou des schistes stratifiés, en contact avec les roches anciennes.

Au Sud du confluent de l'Andemba et de l'Imaloto (à environ 10 kilomètres en amont de Benenitra) et au-dessous des psammites, se trouvent des grès grossiers

1. Ranohira se trouve à l'Est de l'Isalo, sur la lisière du Massif cristallin dans la vallée de la Menamaty (affluent de gauche du Mangoky), mais près de sa source et non loin de la ligne de partage des eaux de cette rivière et de l'Imaloto qui, comme cette rivière, a son cours en moyenne Nord-Nord-Est ; l'Imaloto se jette dans l'Onilahy en amont de Benenitra.

2. Aucune roche éruptive n'a été observée dans ces formations paléozoïques, mais le conglomérat de base, aussi bien que les schistes cristallins, sont traversés par des filons de quartz finement grenu, parfois verdâtre (Bevary, sur rive droite de l'Ianapera).

avec intercalations de lits charbonneux contenant des empreintes végétales : il en existe aussi au Sud de l'Onilahy près d'Ibeandry sur la rive droite de l'Ankazomanga (affluent de gauche de l'Ibeandry) et dans le bassin de la Savasy. M. Fritel a déterminé dans les échantillons recueillis par M. Perrier de la Bathie, *Gangamopteris cyclopteroides, G. major* [188 bis].

Ces couches, lenticulaires et de faible puissance au Nord de Benenitra, prennent de l'importance au Sud de l'Onilahy et notamment dans le bassin de l'Ianapera, affluent de gauche de ce fleuve, où elles reposent sur le conglomérat dont il vient d'être question.

Dans ce bassin, ces couches, morcelées par failles, ont une épaisseur oscillant entre 150 et 275 mètres, M. Perrier de la Bathie y distingue deux étages. L'inférieur[1] est essentiellement constitué par des grès grossiers blancs à structure entrecroisée, se débitant en larges dalles ; ils sont associés à des argiles schisteuses blanches ou verdâtres, avec quelques petits bancs calcaires et couches de charbon (Ambohibaty, au Nord-Est et bassin de l'Ianapera, au Sud de Benenitra). Dans ces calcaires se rencontrent (entre Ambararata et la rivière Sakalava, à l'Est de l'Ianapera) des restes de *Syringopora,* polypier paléozoïque de niveau exact indéterminé. Toutes les couches de cet étage présentent une structure lenticulaire, très irrégulière (voir t. II, le chapitre consacré aux *Combustibles fossiles*).

L'étage supérieur consiste en grès, en psammites rougeâtres, gris, verts ou noirs (manganésifères), avec prédominance de la couleur rouge. Ces roches renferment également des empreintes de *Gangamopteris.* Cet étage mesure de 2 à 300 mètres de puissance sur l'Ianapera[2] ; il a été observé ailleurs : rivière Sakalava ; Ambohibaty ; rivière Soaravina ; Nord de Soamanonga et Savasy ; Est de Ranofotsy vers Sakamasay (Ouest de Soamanonga), Sakamena au Sud de Betioky ; entre Ejeda et Ampanihy, etc.

Dans cette même région du Sud, les assises précédentes sont couvertes par des psammites verdâtres, des schistes et des grès jaunes (bassins de l'Ianapera et de la Sakalava ; entre Benenitra et Sakamasay ; Sud de l'Onilahy vers Savasy ; Sakamena ; Ipingo ; la Malio ; Beroroa).

A divers niveaux de cet ensemble, abondent des ossements d'Amphibiens ; au confluent du Zomandao et du Mangoky, ces fossiles se trouvent à 3 mètres seule-

1. C'est cette base qui a été regardée par les auteurs cités plus haut et en particulier par M. Giraud comme appartenant au Houiller supérieur (Ouralien) : la découverte des *Gangamopteris* tend à la rajeunir. Le charbon de l'Ianapera semble contemporain du Permien du Transvaal, de l'Inde et du Brésil (Rio Grande do Sul). Dans l'Inde, le *Gangamopteris cyclopteroides* accompagne les *Glossopteris* dans les couches de Talchir et de Karhabari.

2. Les failles orientées dans toutes les directions sont extrêmement nombreuses dans ce bassin ; les filons concrétionnés de quartz remplissent quelques-unes d'entre elles.

ment au-dessus des schistes cristallins ; on verra plus loin qu'il en existe au-dessus des couches à flore triasique de la région de Ranohira ; par contre un gisement situé sur la Sakamena fait peut-être partie des couches à *Glossopteris*[1].

Reprenons maintenant notre mode habituel d'exposé à partir du Nord. Entre l'embouchure de la Loky et la presqu'île d'Ampasimena, les premiers sédiments, souvent en contact normal avec les schistes cristallins (région d'Andavakoera), sont constitués par deux zones de grès micacé à *Myophoria*, d'argiles à septaria renfermant, à la base[2] (Bobasatrana) des poissons à affinités permiennes (*Ecrinesomus Dixoni*, *Cœlacanthus madagascariensis*) et au sommet (Berezika) de nombreuses miches à Ammonoïdées rapportées par M. H. Douvillé [185] au Trias marin inférieur (*Cordillerites*, *Koninckites*, *Meekoceras*, *Lecanites*, *Flemingites*), avec en outre un niveau à *Cladiscites* et à *Joannites* qui indique peut-être le Trias supérieur. MM. Merle et Fournier y ont signalé des *Tirolites* [204].

On retrouve donc ici la même indécision que dans le Sud-Ouest pour la fixation de la limite exacte entre le Permien et le Trias, mais le facies est marin, et par suite différent de celui observé dans la région plus méridionale, où les sédiments sont surtout fluviatils et littoraux. Ce sont ces couches argileuses et gréseuses qui sont traversées par quelques-uns des filons de quartz aurifère d'Andavakoera.

Entre la presqu'île d'Ampasimena et le cap Saint-André, les sédiments les plus inférieurs sont constitués par de puissantes couches d'argile brune, de grès et de sables multicolores, avec intercalations de psammites à empreintes végétales indéterminables.

Entre le cap Saint-André et la Sakamena, les couches supportant les grès grossiers dont il va être question plus loin sont des psammites (100 à 200 mètres), alternant avec des schistes argileux, des lentilles de calcaire, des grès.

Dans des psammites accompagnés de grès argileux brunâtres (entre Ambodimanga et Andranomarary près Malaimbandy[3]), dans des grès (rappelant les grès bigarrés des Vosges) (Amboriky à 5 kilomètres Est d'Ankavandra, puis près de Maevatanana), il existe une flore qui paraît moins ancienne que celle à *Glossopteris* et que M. Zeiller considérait [219] comme nettement triasique (Keuper) (*Cladophlebis*

1. Les couches à *Glossopteris* et *Gangamopteris* n'ont pas été signalées autre part que dans le Sud, mais M. Perrier de la Bathie suppose qu'elles doivent exister plus au Nord, sous la couverture sédimentaire, et il leur attribue, avec quelques réserves, des couches apparaissant par faille à Ampoza dans la région du cap Saint-André et aussi les argiles rouges de la Sakamasay qui contiennent des rognons de barytine.

2. Dans la vallée de l'Ifasy, à Anaborano, M. Perrier de la Bathie a trouvé, sous les couches à poissons, des argiles à septaria, renfermant des Ammonoïdées qui n'ont pas encore été déterminées.

3. Près de Malaimbandy (au sommet de la série ?), il existe des schistes à septaria contenant des empreintes de poissons analogues à ceux du Nord.

remota; *Lepidopteris stuttgartiensis*; *Danœopsis marantacea*; *Tæniopteris magnifolia*; *Voltzia cf. heterophylla*, associés à deux espèces du Permo-Trias de l'Inde (*Schizoneura* cf. *gondwanensis* et *Nœggerathiopsis* cf. *lacerata*. D'autre part, dans les mêmes formations, M. H. Douvillé a reconnu [219] près d'Ankavandra l'*Estheria minuta* qui permet d'établir le synchronisme de ces couches avec le Trias d'Andavakoera.

C'est au-dessus de cet ensemble que se trouvent, sur la Sakamaningy, près de Ranohira, les grès à nodules de marnolite contenant les squelettes de poissons et de reptiles, étudiés par M. Boule.

A partir du confluent de l'Andremba et de l'Imaloto, ces couches triasiques ne surmontent plus les schistes cristallins comme dans la vallée de la Menamaty (près du confluent de la Sakave), mais les couches à *Gangamopteris*.

Grès supérieurs. — Sur ces formations schisteuses, localement fossilifères, repose une puissante série (400 à 800 mètres) de grès grossiers en bancs très épais qui, au point de vue topographique, constitue cette zone profondément érodée, située au pied de la falaise ancienne et qui peut être suivie sur toute l'étendue de l'île (dépression permo-triasique).

Ces grès sont souvent tendres, peu cohérents à la base (nombreuses grottes entre le Mangoky et l'Onilahy); ils sont multicolores entre la presqu'île d'Ampasimena et le Mangoky, blancs au contraire plus au Nord et plus au Sud; ils possèdent une structure entrecroisée et renferment des lits de poudingues, des intercalations parfois lenticulaires, de sables et d'argiles bariolés. L'érosion y a multiplié les aspects ruiniformes (grès à grain grossier du Makay, entre la Tsiribihina et le Mangoky, et de l'Isalo) qui rendent parfois si pittoresques les pays gréseux. Au voisinage immédiat du Massif cristallin, ils sont d'ordinaire très feldspathiques (arkoses); leur ciment est plus souvent calcaire[1] que siliceux ou argileux.

Ce système gréseux est particulièrement développé dans la région du Nord (dans la chaîne Andavakoera-Kalobenono); dans le Nord-Ouest à la limite orientale et méridionale des causses jurassiques de l'Ikavo et de l'Ankara, puis dans les régions Ouest et Sud-Ouest à la limite du Bemaraha et dans les chaînes du Makay et de l'Isalo. Dans les hauts bassins du Ranobe et du Manambolo, à l'Ouest d'Ankavandra, ils sont traversés par de nombreux dykes, pénétrés par des intrusions de roches éruptives, par des suintements de pétrole et ils renferment en très grande

1. La végétation qui s'observe sur ces grès est caractéristique de leur ciment, en général calcaire au Sud de la Tsiribihina, siliceux au Nord.

abondance des troncs, souvent énormes, d'arbres silicifiés [*Araucarioxylon, Cedroxylon*] (voir : quartz).

Au point de vue de l'âge, nous retrouvons ici une incertitude du même ordre que pour les couches plus anciennes ; ces grès sont dépourvus de fossiles ; ils sont généralement attribués au Trias, mais il y a des raisons de penser que certaines portions d'entre eux, tout au moins, sont plus récentes[1]. Parfois les couches qui les recouvrent directement appartiennent au Lias supérieur [entre Morafenobe et Ambalarano (E. Gautier), forêt de Tsitanandro, au Nord de Bekodoka], ou au Bajocien [(route de Mahabo au Nord de Mandabe (J. Giraud)], de telle sorte qu'il est probable que, dans ces cas tout au moins, leur partie supérieure est infraliasique ou liasique. Il s'agit là, vraisemblablement, d'une série très compréhensive, résultant de ce fait que les mêmes conditions de dépôt se sont prolongées pendant une longue période de temps représentée par plusieurs niveaux géologiques.

b. — Système jurassique.

A partir du Lias, le continent de Gondwana s'est morcelé en deux parties séparées par le Canal de Mozambique, le continent africano-brésilien à l'Ouest et le continent australo-indo-malgache à l'Est. Madagascar a donc été dès lors séparée de l'Afrique et les analogies de la faune de ses sédiments doivent être cherchées du côté de l'Inde.

α. **Lias.** — Pour des raisons stratigraphiques, M. Lemoine a jadis rapporté [199] au Lias les sédiments qui recouvrent dans la région d'Andavakoera ceux qui viennent d'être décrits. Ce sont d'abord les argiles d'Ambodifiakarana, puis l'épaisse série gréseuse de l'Andrafiamena qui constitue la falaise dominant vers le Nord la vallée de l'Ambavazoro et par suite les exploitations aurifères d'Andavakoera.

C'est à Nosy Be et dans la presqu'île d'Ampasimena que se développe la série incontestablement liasique décrite par M. H. Douvillé [183] et par Zeiller, d'après les récoltes de Villiaume. A la base, se trouvent des grès blancs à ciment calcaire, puis des schistes noirs avec alternance de lits à faune marine [*Haugia*. cf. *metallaria*; *Harpoceras*, cf. *serpentinum*; *Dumortieria*, cf. *Dumortieri*] (Jangoa) et de petits lits à empreintes végétales [Équisétacées : *Equisetum Jolyi* (la première

1. M. Giraud a signalé à Miandrivazo, à Beroroha et dans l'Isalo, une discordance entre ces grès et les schistes sous-jacents.

plante fossile trouvée dans cette région, et décrite par Ed. Bureau) ; Fougères, *Pecopteris exilis* ; Cycadées : *Sphenozamites* ; Conifères : *Pagiophyllum, Brachyphytlum, Thuytes,* etc.] (Ampasimena, Andraniva, Ambariotelo, Jangoa, Marofototra), avec lits charbonneux discontinus sur lesquels il a été tant écrit et fondé tant d'espérances déçues. Au sommet de la formation se retrouvent des calcaires noirs, durs, fossilifères (*Harpoc.* cf. *serpentinum, Zeilleria sarthacensis, Spiriferina, Pholadomya,* etc.). Cette flore et cette faune sont celles du Lias supérieur, avec affinités bajociennes.

Cette formation a un intérêt géologique particulier, car c'est au milieu d'elle que se trouvent, à l'état de filons ou d'intrusions, la plupart des roches éruptives alcalines de la province d'Ampasindava : c'est à leurs dépens que se sont formés tous les types métamorphiques qui sont décrits dans le tome II.

Notons enfin que les calcaires sont traversés à Ankalampobe (Nosy Be) par des filonnets de galène et de blende, alors que des mouches de blende vitreuse sont assez fréquentes au milieu des mêmes calcaires dans la région d'Ankaramy, de Maromandia et de Marotony.

Dans la région de l'Ankara (Bekodia, Ampoza, Antanimbaribe, Bekoratsaka, Bepia, au pied du Beronono), puis, au Nord d'Ankilahila, à la base du causse d'Ikavo, le Lias est constitué par des calcaires jaunes, compacts à Ammonites spéciales (*Harpoceras cornacaldense* (*madagascariense*), *Hildoceras inclytum* var. *madagascariense, Bouleiceras nitescens*), avec des Lamellibranches et aussi des Brachiopodes appartenant à des espèces européennes ou sud-américaines (*Spiriferina rostrata, Rhynchonella Moorei,* etc.) reposant sur des grès bariolés à bois silicifiés (*Gymnospermes*). Dans la vallée de la Kiananga, les calcaires sont gris, marneux, et renferment des couches irrégulières de lignite. Ces formations toarciennes sont recouvertes par des calcaires constituant des plateaux qui rappellent les causses et constituent le Bajocien inférieur[1] (Cf. Thevenin).

β. **Jurassique (oolithique) inférieur. — Bajocien et Bathonien.** — La faune de ces étages, de même que celle du Jurassique moyen, présente une grande analogie avec celle qui a été observée dans l'Inde ; il existe en outre des affinités avec la faune jurassique de l'Europe occidentale.

Trois facies ont été observés, qui sont développés dans trois régions différentes, et sont probablement des équivalents latéraux les uns des autres.

1° Dans le Nord [199] (région de Diego-Suarez), des calcaires marins compacts

1. E. Fischer a décrit autrefois [187] des calcaires liasiques à *Lytoceras fimbriatum* dans la région de Morondava ; ses déterminations doivent être rectifiées, ces couches appartiennent au Callovien.

constituent des plateaux, des causses, entre la Loky et le Rodo [facies à Térébratules (*T. circumdata, Rhynch. concinna*), à Échinides (*Cidaris, Hypodiadema, Acrosalenia*) et Polypiers]. Plus au Sud-Ouest, le mur de l'Ankarana est constitué par un calcaire compact, bleuâtre, très dur (facies à Polypiers et à Ostracées), ayant parfois une structure bréchiforme. Il faut encore rattacher au même facies le calcaire à Rhynchonelles et à Térébratules d'Angarony, en contact avec un trachyte alcalin.

2° Entre la région d'Analalava (notamment à Andranosamonta) et la Betsiboka [199], il existe un facies lagunaire ou laguno-marin, constitué par des lumachelles et des calcaires en plaquettes à *Corbula Grandidieri, C. pectinata* (Antsohihy), avec intercalations de grès, localement riches en ossements à dimensions colossales de Dinosauriens (*Bothriospondylus madagascariensis*) bathoniens : près Befotaka et Andranosamonta ; Ankinganivalana sur le Maevarano ; Manjarano sur la Droa ; Antsohihy, Port Bergé). Cette formation à Dinosauriens se continue sur la rive gauche du Kamoro jusqu'à la Betsiboka (Ambalajanakomby, Ampanenoanampongo).

Ce facies lagunaire a été retrouvé en divers points plus au Sud. Des grès durs se trouvent en effet sur le bord du plateau Bara (vallée de l'Ilona, affluent de droite du Fiherenana) ; ils renferment des ossements de Dinosauriens (*Bothriospondylus madagascariensis* avec *Perisphinctes* spec., etc. Des grès à Dinosauriens paraissent exister aussi dans la vallée de la Sakondry.

3° Au delà de la Betsiboka, réapparition de calcaires marins de couleur claire (plateau d'Ankara) à grain fin, se délitant parfois en grandes dalles ; ils prennent une grande ampleur (400 mètres dans les gorges du Manambolo) et constituent des causses (causses d'Ikavo) rappelant ceux du Midi de la France. Leurs strates horizontales sont creusées de profondes vallées (150 mètres) qui atteignent tantôt les calcaires liasiques, tantôt les grès liasiques ou triasiques sous-jacents (Bekodia).

Ce facies [184] à Céphalopodes bajociens [*Sonninia decora, Belemnopsis sulcata, Trigonia costata, Lopha costata*, ces fossiles sont parfois silicifiés (Nord d'Ankilahila)] se prolonge vers le Sud : il constitue des causses entre Tsitanandro et Namoroka et aussi près de la côte, au Sud de l'Ambongo.

Entre la région du cap Saint-André et la Tsiribihina, le massif boisé d'Antsingy est constitué, sur plus de 300 mètres d'épaisseur, par des calcaires à Polypiers et à Nérinées (bathoniens) présentant de curieux et intéressants phénomènes de corrosion superficielle (lapiaz) qui se retrouvent dans la même formation à Namoroka (Ambongo). Des grès (à ciment calcaire) bajociens à Rhynchonelles ont été rencontrés entre Mandabe et Mahabo.

Au Bathonien doivent sans doute être rapportés des grès (à ciment calcaire) à Bélemnites supportant des calcaires blancs à Polypiers (*Montlivaultia, Confusastrea*) renfermant *Pseudotrapezium depressum, Trigonia costata,* etc. à Tongobory (confluent de la Sakondry et de l'Onilahy); ces calcaires sont recouverts par des grès à fragments de bois fossile. Peut-être aussi faut-il considérer comme datant du Jurassique inférieur les calcaires blancs à oolites (avec *Rhynchonelles, Natices*) du Sud du mont Vohibe et notamment de Ranomafana, à 10 kilomètres à l'Est de Tongobory (près la source thermale).

γ. **Jurassique (Oolithique) moyen. — Callovien (Oxfordien !) Kimeridgien. —** A l'inverse des formations précédentes, le Jurassique moyen présente peu de variations de facies. Il paraît manquer dans le Nord, mais il est très développé à partir de la région d'Analalava. Dans celle-ci (Andranosamonta), il est représenté par des grès et des pélites bleues très fossilifères avec un niveau inférieur, callovien (*Belemnopsis hastatus, Macrocephalites macrocephalus, Amm. calloviensis*), et un niveau supérieur, kimeridgien (*Hecticoceras Kobelli, Lissoceras deplanatum, Perisphinctes,* etc.) [199].

Au Sud de la province d'Analalava, les mêmes formations vaseuses sont très développées. A Ampandramahala (rive droite de la Mahajamba) ont été rencontrées des marnes à septaria avec *Lissoceras deplanatum, Perisphinctes, Aspidoceras,* etc. ; elles renferment des veinules de gypse.

Dans la région de la Betsiboka, on distingue à la base, des calcaires marneux en plaquettes, au sommet des argiles à petites Ammonites pyriteuses (*Hecticoceras*); des marnes à rognons de marcasite sont connues au mont Tsitondroina. Au Sud du fleuve, se rencontrent des calcaires renfermant la même faune, mais ils sont accompagnés de calcaires à grosses oolites jaunes irrégulières [*Macrocephalites macrocephalus, Cadoceras Herveyi, Oppelia conjungens, Sphœra madagascariensis, Flabellothyris dichotoma, Rh. Orbignyi*] (lac Kinkony), comparables à celles de la *Golden oolite* de l'Inde [184]. Une faune callovienne analogue se retrouve sur la rive droite de l'Iabohazo entre cette rivière et le plateau d'Ankara.

Au Nord de l'Ambongo, à Mahabo près de l'Andranomavo (au pied du plateau de Betsieky), ont été recueillis des fossiles calloviens (*Phylloceras mediterraneum, Perisphinctes hians, Rhynchonella concinna*).

Au pied du Bemaraha, la faune à *Lissoceras, Oppelia Kobelli, Lytoceras rex, Belemnites claviger,* rappelle celle des grès (Kimeridgiens) de Katrol dans l'Inde et des couches du même âge de Mombasasa sur la côte d'Afrique [184]. Il faut sans doute attribuer au même niveau des calcaires gréseux du Menabe et du Sud de la

Tsiribihina (Berevo, Begidro, Antsoa; dans cette dernière localité, ils supportent une coulée de basalte).

Enfin, des calcaires oolitiques du même âge sont très développés dans le bassin de la Morondava (Ampandrarano à l'Ouest de Malaimbandy) où ils se trouvent associés à des grès, dans celui de l'Ilona (affluent du Fiherenana), sur la route d'Ankazoabo, près de Mahazoarivo, ainsi que sur la Manoroka et à Ankazoabo, enfin le long de la vallée de la Sakondry (lumachelle à *Leda* et à *Corbula*; calcaires à oolites ferrugineuses de Beraketa, riches en belles ammonites (*Macrocephalites macrocephalus*, *Perisphinctes*).

Colcanap a suivi le Jurassique moyen jusqu'à 50 kilomètres au Sud de Tongobory. A la base, il existe un calcaire oolitique jaune (Callovien-Oxfordien) à faune analogue à celle des gisements plus septentrionaux. Ces couches sont recouvertes par des calcaires marneux à faune de Séquanien-Kimeridgien (*Aspidoceras*, cf. *acanthicum*, *A. avellanum*, *Lytoceras sutile*, *Rhynchonella moravica*). Il semble se prolonger un peu plus au Sud encore, à Ankazontaha sur la Linta et au Sud d'Ejeda.

δ. **Jurassique (Oolithique) supérieur.** — Pontlandien. — Les couches à Céphalopodes les plus élevées du Jurassique de l'île ont été rapportées au Kimeridgien, elles passent au Néocomien par des assises concordantes, dans lesquelles l'existence du Portlandien est vraisemblable.

c. — Période crétacée.

α. **Éocrétacé (Néocomien, Aptien).** — Dans la région de Diego-Suarez, s'observent au Crétacé inférieur, de part et d'autre de la montagne d'Ambre, des variations de facies qui se retrouvent à divers autres niveaux. Sur la rive droite du Rodo, des marnes à *Duvalia* et à *Holcostephanus* sont surmontées par des grès, alors qu'à l'Ouest, il existe des marnes à concrétions ferrugineuses (*Hoplites Deshayesi*, *Duvalia dilatata*); sur le bord de la mer, à Ampombiantambo, elles sont particulièrement riches en pyrite.

A Port-Radama, même facies que sur le Rodo, argile bleue valanginienne (*Duvalia silesiaca*, *Neocomites campylonotus*) à la base (Marozavavy), paraissant former une série continue avec les argiles du Jurassique supérieur d'Andranosamonta, puis grès et sables qui supportent les marnes aptiennes à *Schlœnbachia* (Berambo) [199].

Dans le Boina (Maevarano au Nord d'Ambato) et dans le Nord de l'Ambongo, entre le cap Saint-André et la Mahavavy (Ambarimaninga ; rive gauche de la Hopy,

etc.), le Néocomien présente un certain intérêt économique ; il est formé en effet par des calcaires marneux tendres, et par des marnes à *Belemnites*, renfermant de petits nodules (3 à 4 centimètres) ou des lits (de plusieurs décimètres) *phosphatés*. Dans les grès ferrugineux qui recouvrent ces couches (Andranomavo : Ankarana, entre Sitampiky et Ankirihitra), sont intercalés des calcaires gréseux à oolites ferrugineuses, jaunes, du Berriasien.

Au Sud de la Tsiribihina, entre Begidro, Berevo, Antsoa, les grès ferrugineux qui supportent le Crétacé supérieur, représentent probablement l'Éocrétacé, dans leur partie la plus élevée.

L'Éocrétacé de Madagascar se rapporte à la province méditerranéenne par l'abondance des *Duvalia*.

β. **Mésocrétacé (Albien, Cénomanien).** — Tous les paléontologistes qui ont étudié ces formations sont d'accord pour insister sur les affinités qu'elles présentent avec celles de l'Inde.

Dans la région de Diego-Suarez, on observe [199] à la base (*Vraconnien*) des marnes renfermant à certains niveaux (mont Raynaud) des nodules de marnolites avec gros Céphalopodes (*Phylloceras Velledæ*; *Puzosia planulata*, etc.) dont le test est conservé. Par-dessus se trouvent (Antsirane) des marnes bleues du Vraconnien et du Cénomanien (*Schlœnbachia inflata ; Acanthoceras subvicinale, Mantelliceras Mantelli, M. Martimpreyi*), elles-mêmes recouvertes par des argiles sableuses.

Au milieu des argiles cénomaniennes de l'isthme d'Andrakaka, se rencontrent des nodules d'hématite, alors que la marcasite cimente les grès supérieurs de la Betaitra d'Antanamitarana. Des nodules de sidérite et de pyrite se trouvent dans les argiles cénomaniennes recouvertes par les basaltes de la presqu'île de Saint-Sébastien.

Dans la province d'Analalava, on retrouve encore des argiles bleuâtres et des grès riches en fossiles d'un niveau inférieur au Vraconnien du Nord. Les grès vont désormais prédominer vers le Sud.

Au Sud de la Betsiboka, les grès verts glauconieux albiens sont connus à Beseva [*Desmoceras* cf. *Beudanti, Douvilleiceras* cf. *mamillare, Janira tricostata*], puis au Sud du lac Kinkony (rive droite de la Mahavavy près des chutes de Zony ; entre le bassin de l'Andranomavo et la Hopy, puis à Behena près Belalandy).

Les calcaires de Komihevitsy dans le Bemaraha du Nord [184] renfermant *Douvilleiceras mamillare, Phylloceras Adelæ* de l'Albien, mais la présence de certaines espèces (*Puzosia Charrierei, P. Emerici, Pseudobelus semicanaliculatus*) indique aussi l'existence de l'aptien. Les calcaires, ainsi que ceux de l'embouchure

du Manambolo (*Puzosia* cf. *planulata*) sont du même âge. Des grès, observés à l'Est de Komihevitsy, renferment des bois silicifiés (*Myrtacées*).

Près de Morondava, des calcaires (*Turrilites Mayori*) constituent une falaise parallèle au Bemaraha (Soromahia) près du Tsiandava.

Le Gault est fossilifère à Belamoty sur la Sakondry, au Sud de Behanina près Vineta. Le passage de l'Albien au Cénomanien est insensible à Beraketa (*Parahoplites* cf. *Milletianum*), enfin des grès glauconieux du Cénomanien se trouvent [174] sur le Fiherenana (près de Vineta) et au Sud de Beraketa (*Acanthoceras rotomagense, Turrilites tuberculatus*) ; des pélites noires, des calcaires à glauconie et une roche presque exclusivement constituée par de la glauconie sont connus à Ankomaka, sur la rive gauche du Manombo (Nord de Tuléar), associés à des marnes à septaria.

Enfin, entre la Menarandroy et Betioky (en particulier vers Laniro), une série de grès, d'argiles et de calcaires renferme une faune de l'Albien supérieur et du Cénomanien inférieur (*Acanthoceras Mantelli, A. mamillare, Puzosia compressa*).

Turonien. Dans le Nord, il n'existe pas de Turonien bien caractérisé, le passage du Cénomanien au Turonien se fait insensiblement, soit par des grès sans fossiles (Windsor Castle), soit par des marnes (Montagne des Français).

Au voisinage de Majunga, a été reconnu un facies lagunaire ou fluviatile, représenté par des argiles et par des grès blanchâtres ou bariolés, à ossements d'énormes Dinosauriens (*Titanosaurus*, *Megalosaurus*) (Marovoay) [181 *bis*] recouverts par le Sénonien à *Pycnodonta vesicularis*. A Ankazomihaloka, ces argiles renferment des concrétions de marnolite simulant parfois des coraux ; elles sont constituées par des grains de quartz agglomérés par de la calcite et de l'argile ; au voisinage des ossements se trouvent de petits nodules phosphatés noirâtres.

Dans les sédiments qui séparent les grès à Dinosauriens des argiles d'Ankazomihaloka, se rencontrent (Satramira près Marovoay) des bois silicifiés à structure conservée, des rognons de sidérite, des concrétions calcaires avec parfois des veinules d'aragonite bacillaire.

Ces couches à ossements et leur couverture sénonienne se continuent de Maevarano à Anaborano sur la rive droite de la Mahavavy, près du lac Kinkony.

Dans le Menabe réapparaît le facies argileux marin du Nord.

A 30 kilomètres au Sud de l'Onilahy, sur la Menarandroy (chemin de Betioky à Tuléar), Geay a trouvé des grès glauconieux (Turonien) à *Inoceramus* cf. *labiatus, Puzosia* cf. *Denisoniana* ; ce sont sans doute ces mêmes couches qui renferment des ossements de Dinosauriens. Il faut citer aussi les argiles rouges fossilifères et les calcaires du pays Mahafaly.

γ. **Néocrétacé (Sénonien).** — Le Néocrétacé de l'île présente, lui aussi, de grandes analogies avec celui de l'Inde.

Il débute à la Montagne des Français par des argiles bleuâtres à concrétions calcaires alternant avec des grès : elles renferment beaucoup de Céphalopodes : *Barroisiceras Haberfellneri, Peroniceras tridorsata* (du Coniacien), avec (Boule et Lemoine) des espèces à affinités plus anciennes (*Gaudryceras multiplexum*) ou plus récentes (*Puzosia Gaudama,* etc.) qui semblent indiquer l'existence du Santonien ; le Campanien paraît manquer.

Le Maëstrichtien est formé tout d'abord par des grès grossiers ou par un conglomérat ferrugineux et calcaire, avec débris de quartz et fossiles roulés des couches sous-jacentes, témoins d'une transgression ; ce conglomérat renferme des débris de végétaux phosphatés (*Araucarioxylon madagascariense*). Il est recouvert par des marnes blanches ou rouges renfermant des *Inocérames,* des *Nautiles,* des *Térébratules* et surtout une riche faune d'Échinides qui atteignent une grande taille (*Lampadaster, Guettaria, Menathiaster,* etc.).

A l'Ouest (Dover Castle, Windsor Castle), la constitution est différente. A la base, on observe des grès à *Trigonoarca Gaudama, Schlœnbachia bravaisiana,* etc., puis des marnes à Brachiopodes (*Térébratules, Rhynchonelles*) maestrichtiens [199].

Dans la région de Majunga, le Sénonien est calcaire et marneux. A Maevarano, où il surmonte les couches à Dinosauriens, il contient surtout des huîtres (*Pycnodonta vesicularis, Alectryonia ungulata*), des Gastropodes (*Turritella, Cypræa,* etc.), des Echinides. Il est gréseux au mont Ambohibe (Sud de la province de Maevatanana).

Dans le Menabe, entre le Manambolo et la Tsiribihina, le Néocrétacé est représenté par des marnes et des grès fossilifères renfermant [Boule et Thevenin, 1903] des espèces du Sénonien inférieur (Coniacien) (*Barroisiceras Haberfellneri, Mortoniceras texanum*) et du Sénonien supérieur (Maëstrichtien) (*Scaphites hippocrepis, Turrilites polyplocus,* etc.). A Antsoa, ces grès sont localement recouverts par des calcaires compacts.

A l'Est de Tuléar, au cirque d'Eboro, on a recueilli des grès à *Inoceramus* avec *Barroisiceras* cf. *Haberfellneri* (H. Douvillé) [1].

Enfin, il faut noter que c'est au Sénonien supérieur (Maestrichtien) (Boule [179], Thevenin, Cottreau) que correspondent les lambeaux sédimentaires de la côte orientale ; ils consistent en alternances de calcaires, d'argiles et de grès fins à ciment cal-

1. M. Perrier de la Bathie vient de rencontrer sur la rive gauche de l'Onilahy, en face d'Itrobeka (20 kilomètres environ en aval de Tongobory) des grès coquilliers et des calcaires renfermant la faune sénonienne, ils reposent sur une coulée de basalte et sont recouverts par des grès jaunâtres à ciment calcaire plus récents.

caire (*Lytoceras Indra, Pugnellus crassicostatus, Pycnodonta vesicularis, O. ungulata, Roudaireia, Epiaster, Noetlingia Boulei, Lepidorbitoides socialis*). Ces dépôts sont localisés sur le bord de l'Océan, où ils forment des affleurements discontinus [environs de Vatomandry ; Fanivelona (30 kilomètres Nord de Mahela) ; 6 kilomètres Nord de Nosy Varika : Marohita près Mananjary] sur près de 200 kilomètres[1].

M. Boule a vu dans l'existence de ces dépôts sénoniens la preuve que Madagascar était déjà une île à la fin du secondaire ; cette opinion a été combattue par M. Haug qui pense qu'une transgression marine sur une aire continentale n'implique pas nécessairement le morcellement préalable de ce continent[2].

d. — Période tertiaire.

α. **Nummulitique.** — Les sédiments nummulitiques se rencontrent en divers points de la côte occidentale, surtout au Nord et au Sud. Leur dépôt correspond à une transgression.

Dans le Nord, sur des grès rougeâtres sans fossiles, reposent des calcaires blancs compacts, très durs, à Nummulites (*N. Lucasi, N. biarritzensis, N. Carteri, Assilina, Alveolina elliptica, A. subpyrenaica, Orthophragmina Archiaci*), ayant bien résisté à l'érosion et donnant au paysage un aspect ruiniforme (Montagne des Français, Diego-Suarez) ; ils constituent de petits massifs tabulaires. Exceptionnellement, ce sont des calcaires tendres (Windsor Castle). Ces calcaires lutétiens sont localement recouverts par l'Aquitanien dont il est question plus loin.

Sur la côte Nord-Ouest, ces mêmes calcaires sont connus à l'île Antanimora, à l'Ouest de la presqu'île Radama [probablement l'Antanifaly de Baron], puis à Nosy Lava (*Nummulites aturicus, Orthophragmina Colcanapi*, etc.).

M. Lemoine n'a pu retrouver à Nosy Be les calcaires à Nummulites signalés par Herland sur le plateau d'Antafiambitry [199].

A Majunga et à l'île Makamby, ce sont des calcaires et des sables blancs, tendres, friables, sans Nummulites, à *Magilus grandis* et Échinides de niveau indécis [216]. Plus au Sud, dans le bassin du Morondava, se développent des calcaires lutétiens compacts, à cassure esquilleuse ; ils renferment des Foraminifères, des Alvéolines, des *Orthophragmina*, des Huîtres et, dans le massif de Miandraraha et les environs d'Andranomena, des *Ostrea*, à Besakondry (entre Mahabo et Beronono). Sur le Fiherenana (20 kilomètres de Behompy), il existe des calcaires

1. Plus au Nord, entre Brickaville et Tamatave, se trouvent de puissants amas (100 à 150 mètres) de grès, de sables et d'argiles aux couleurs rutilantes ; l'absence de fossiles ne permet pas de les dater ; je ne les ai pas fait figurer sur la carte, ne connaissant pas leur développement en surface.

2. *Traité de géologie*, t. II, 1908-11, p. 1345.

compacts à *Lithothamnium* et à *Orthophragmina* et aussi des calcaires riches en Alvéolines, Orbitolites, etc., et en Algues siphonées verticillées.

Dans les calcaires à Alvéolines du Sud de l'Onilahy (région de Tuléar) découverts par Geay (Sud-Est d'Isatra), M. Giraud a signalé [195], d'après les déterminations de M. H. Douvillé, *Nummulites atacicus, Alveolina ovoidea, Orthophragmina.* Ces calcaires constituent des plateaux arides renfermant çà et là des dépressions circulaires remplies d'argile rouge de décalcification.

La transgression (datant sans doute du lutétien supérieur) est particulièrement nette dans le pays Mahafaly; des grès, à ciment calcaire ou ferrugineux, se sont déposés sur le Crétacé et aussi sur les gneiss redressés, notamment à l'Est et au Nord-Est d'Ampanihy ; ils forment la plaine d'Itrobeka et supportent des calcaires à Alvéolines et à Cérites, localement bréchiformes, qui prennent un grand développement sur le plateau Mahafaly, situé entre l'Onilahy et la Linta. Colcanap a recueilli dans ces calcaires l'*Ostrea pelecydion,* très caractéristique des assises supérieures aux couches à *Alveolina,* et des *Orthophragmina* de la région de Tuléar. Cette région calcaire est désertique et présente, elle aussi, des cuvettes remplies d'argile rouge de décalcification. Ce plateau tertiaire domine d'une trentaine de mètres en moyenne le crétacé qui se développe plus à l'Est.

β. **Oligocène (Aquitanien-Burdigalien ?).** — Cet étage n'est connu avec certitude que dans l'Extrême-Nord; son existence est probable dans l'Extrême-Sud. Il a été découvert dans le Nord par M. Lemoine, qui a montré [199] son développement dans le Bobaomby ; il est formé de calcaires et surtout de sédiments grossiers, à éléments empruntés en partie aux tufs basaltiques : les uns et les autres alternent avec ces derniers et avec des coulées de basalte, ce qui date les éruptions volcaniques. Ces sédiments sont constitués, à la base par des calcaires à *Lithothamnium* (presqu'île du cap Tanifotsy), puis par des calcaires tendres à Polypiers (Ambatoafo ; phare d'Ambre), à Foraminifères (Lépidocyclines), etc. Les *Lithothamnium* indiquent que ces dépôts ont été formés sous une très faible profondeur. Ces assises reposent transgressivement sur le Nummulitique, le Sénonien ou le Cénomanien.

D'après R. Douvillé [186], les Lépidocyclines caractérisent deux niveaux, le premier nettement aquitanien (*Lepidocyclina formosa*), le second, supérieur, probablement d'âge burdigalien (*Lepidocyclina Mariæ,* etc.).

A Nosy Karakajoro, des calcaires noirs à *Lépidocyclines* d'un niveau inférieur aux couches du Bobaomby, permettent de dater l'âge minimum d'une coulée de trachyte qu'ils supportent.

M. Perrier de la Bathie m'a signalé l'existence, entre le lac Iotry et le Manombo,

d'une bande de calcaires plus récents que l'éocène dont elle est séparée par la plaine alluvionnaire du Taleny et de Betioka. Du côté de l'Est ils sont en contact avec les sables de la côte.

Dans l'Extrême-Sud, les gneiss d'Andrahomana sont recouverts par des grès et des calcaires à *Amphistégines* (194, Douvillé, Giraud), aquitaniens (ou éocènes). Les mêmes calcaires se rencontrent en contact avec l'extrémité méridionale du massif volcanique de l'Androy, puis ils forment la base de la falaise terminale de l'île (Cap Sainte-Marie, Faux Cap, etc.) dont le sommet est constitué par des calcaires quaternaires.

γ. **Pliocène.** — Le *Pliocène* n'est pas connu avec certitude à Madagascar ; M. Lemoine lui a seulement rapporté, avec doute [199] l'*Ostrea cornucopia* recueillie sur le contact raviné du basalte et des argiles cénomaniennes, au cours des travaux de construction du bassin de radoub de Diego-Suarez. Une formation analogue se trouve aux environs de Marovoay, loin de la mer et à une altitude assez élevée.

e. — Pléistocène et Période actuelle.

En divers points de l'île, il existe des formations sédimentaires, certainement récentes, mais dont l'âge exact (Pléistocène ou période actuelle) ne peut être démontré. Je vais les passer rapidement en revue.

1° Des calcaires coralligènes, renfermant des *Tridacna*, se rencontrent dans la région de Diego-Suarez, sur le bord oriental du Bobaomby ; ils constituent des falaises, haute d'une centaine de mètres, séparées de la terre par un chenal. Ces calcaires sont recouverts de sable, dont l'émersion est antérieure à l'établissement du régime hydrographique actuel. Ces falaises sont entaillées de gorges abruptes, qui font communiquer l'Océan avec des lagunes bordant la côte. M. Lemoine considère ces anciens récifs [199] comme contemporains des petits îlots bas [Nosy Hao ; Nosy Vaha ; Nosy Fasy ; Nosy Faty ; Nosy Anambo (Ile boisée)] et des récifs immergés à de faibles profondeurs (banc Dives ; banc au Nord de Nosy be ; banc de Nosy Irangy, etc.) qui sont séparés de la côte occidentale (du cap Diego au cap Saint-André) par un profond chenal. Il faut aussi y rattacher les récifs coralliens de l'île Juân de Nova et ceux des îles Barren qui sont localement phosphatisés. Des phénomènes d'émersion, comparables à ceux dont il vient d'être question, ont été observés dans l'Extrême-Sud, où des plages soulevées, avec coquilles marines, se trouvent à une altitude de 50 à 60 mètres près d'Andrahomana (M. Giraud, 194-195).

2° On connaît depuis longtemps dans cette même région (Baron, Geay, A. et G.

Grandidier, Decorse, Decary) des calcaires blancs ou jaunes (souvent riches en sables quartzeux) et couvrant une vaste région, notamment entre le Manambovo et la pointe extrême de l'île ; ils renferment en abondance des coquilles de Mollusques qui, d'après les récentes observations de M. Germain, diffèrent très peu de ceux de la faune actuelle ; seules quelques espèces ont aujourd'hui disparu. Il n'existe aucun élément africain dans la faune pleistocène étudiée dont les types paraissent identiques à des espèces vivantes (1 kilomètre du cap Andavaka à l'altitude de 50 mètres). On vient de voir que ces calcaires constituent le sommet des falaises terminales[1] (Faux Cap, cap Sainte-Marie) dont la base est formée par des calcaires aquitaniens (ou éocènes) (80 à 100 mètres).

Ces mêmes fossiles se retrouvent, avec œufs d'*Æpyornis*, dans des grès friables, à deux mètres seulement au-dessus de la mer au cap Andavaka et en d'autres points entre la falaise calcaire et la mer (sauf au cap Sainte-Marie où cette falaise est baignée par la mer) ; ces grès sont recouverts localement par des dunes[2].

A l'Ouest et à l'Est de l'éperon cristallophyllien de Tsiombe se trouvent sur ces calcaires des sables, localement cimentés en grès, représentant deux anciennes cuvettes lacustres ; Beloha, Kelimosa, Montovositra à l'Ouest ; Ambondro, Betaranta, Belindo à l'Est.

Alluvions fluviatiles et lacustres. — Aucun renseignement chronologique précis n'a pu encore être obtenu sur l'âge des alluvions anciennes qui abondent dans le lit des cours d'eau du Massif cristallin et qui occupent aussi de larges surfaces sur les parties basses de la côte occidentale. J'ai bien reçu de M. Perrier de la Bathie des fragments de bois silicifiés provenant des alluvions du bassin du Bemarivo (du Nord-Ouest) [parois de la cuvette de Lanihay (plateau d'Analamaitso et d'Amberomay à la base d'alluvions reposant sur les gneiss et au milieu desquelles est intercalée une coulée de basalte] et de la Sahatsio (Antsolifara, au voisinage d'une ancienne source thermale), mais ce sont des bois de Dicotylédonées qui ne peuvent être datés, pas plus que les lignites (à nodules de marcasite, de vivianite) dont les lits sont assez abondants dans les alluvions du Massif cristallin (voir tome II à *Combustibles fossiles*).

L'un des traits les plus caractéristiques de la géologie récente de l'île consiste dans l'existence sur le Massif cristallin de grandes dépressions, d'origine tectonique, dont la plus importante est celle de direction Nord-Nord-Est (parallèle à la côte orientale), constituée par le bassin du lac Alaotra et la haute vallée du Mangoro

1. La surface de ces calcaires est creusée de cavités arrondies pouvant atteindre plusieurs mètres de profondeur ; elles sont remplies de sable rougeâtre ; les indigènes les vident et s'en servent de réservoirs (*ranovato*) pour l'eau qui est si rare en ces parages (M. Decary).

2. Ces dunes vont en se rétrécissant progressivement de l'embouchure du Menarandra au cap Sainte-Marie.

(plaine d'Ankay) qui lui fait suite. Baron l'a considérée [109] comme représentant l'emplacement d'un immense lac dont le lac Alaotra constituerait un reste très amoindri, mais M. Perrier de la Bathie a montré récemment [209] qu'il y a eu, en réalité, deux lacs distincts séparés par un seuil d'une trentaine de kilomètres de largeur dont l'altitude dépasse d'environ 140 mètres les deux plaines voisines. Le plus grand lac Alaotra se prolongeait plus à l'Ouest et au Sud qu'actuellement, jusqu'à Manakambahiny et Ambatondrazaka avec, du côté du Sud, des golfes profonds (Mahatsiry, Andasibe). Les terrasses qu'il a édifiées se trouvent aujourd'hui à une altitude de 770 mètres, alors que celles de l'ancien lac du Mangoro sont à la cote 760, mais dans les deux cas, se voient, à une altitude un peu plus élevée, les dépôts caillouteux du delta de ses affluents. Dans le bassin de l'Alaotra, on n'a rencontré que des fragments de bois indéterminables, mais dans celui du Mangoro, à Moramanga, il existe, à la surface des alluvions lacustres (ayant une vingtaine de mètres d'épaisseur et reposant sur les gneiss latéritisés), un lit de limonite riche en empreintes de Dicotylédonées appartenant à des espèces actuellement vivantes ou à des espèces voisines. Des cuvettes analogues à celles qui viennent d'être décrites se trouvent, à une altitude d'environ 1100 mètres, dans le Nord-Ouest de l'île, dans l'Ankaizina (Mangindrano, Bealanana, Marotaolana) puis dans le Sud-Est dans les vallées de l'Iantara et de l'Itomanpy.

Plus intéressantes encore sont les alluvions de la région d'Antsirabe ; elles ont une grande importance pour la discussion de l'âge des éruptions volcaniques de cette région ; leur constitution est bien connue, grâce aux travaux de captage récemment effectués sur les sources thermales [276 *bis*]. Les sondages ont traversé 28 mètres d'alluvions, reposant sur un sous-sol gneissique qui présente les mêmes altérations, argileuses et kaoliniques, observables aujourd'hui à la surface, ce qui montre que les conditions climatiques n'ont pas changé depuis le début du dépôt de ces alluvions. L'ancienne vallée a été remblayée par des débris essentiellement volcaniques[1], trachytiques, andésitiques, rhyolitiques, basaltiques, provenant de la haute Sahatsio (Massif du Famoizankova). On observe des alternances de conglomérats, à structure chaotique, riches en gros blocs volcaniques, produits par de violents torrents boueux, puis de lits, à petits éléments ou à éléments très fins, nettement stratifiés, correspondant à un régime fluviatile tranquille (certaines de ces couches sont uniquement constituées par des ponces ou par de la cendre rhyolitique) et enfin de couches tourbeuses, accumulées pendant des périodes de repos des volcans situés en amont. Ce sont ces dernières qui renferment un

1. Des blocs granitiques ou gneissiques s'y trouvent près de la surface.

curieux gisement d'*autunite*. Tous ces dépôts peuvent être suivis du côté du Nord jusqu'au confluent de l'Onive et de l'Ilempona. Ils ont recouvert à Antsirabe les griffons des sources thermales qui les ont localement imprégnés de calcite (voir tome II, à *Sources thermales*). Plus tard survinrent de grandes coulées de basalte, issues du Vohidronono (Vohitra) (coulée remplissant la vallée de la Sahaomby et allant jusqu'à Vinaninkarena, qui a dévié le cours Nord-Sud de la Manandona, en forçant la rivière à se porter vers l'Est au pied de l'arête granitique du Mandray). La superposition de ces coulées de basalte aux alluvions trachytiques est parfaitement visible au Sud d'Antsirabe (route d'Ambositra); on peut voir aussi que le cône du Vohidronono repose sur ces dernières.

Postérieurement enfin, l'érosion a creusé de petites vallées dans les coulées basaltiques. La couche tourbeuse renfermant (jusqu'à 4 mètres de la surface) la célèbre faune subfossile de vertébrés se trouve à Antsirabe sur les alluvions à blocs volcaniques; elle n'est pas recouverte par les basaltes les plus récents. Cette faune est caractérisée par les ossements de grands oiseaux coureurs aptères (*Æpyornis*), d'*Hippopotames* (*H. Lemerlei*), d'une grande Tortue (*Testudo Grandidieri*) et de grands Lémuriens appartenant à des espèces disparues (*Megaladapis, Palæopropithecus, Archæolemur*, etc.), mais celles-ci sont mélangées à d'autres, qui vivent encore dans l'île [*Centetes ecaudatus, Crocodilus robustus* (abondant actuellement dans les grands lacs Itasy et Alaotra), *Testudo radiata*, Bœufs, etc.]; on a même rencontré à Antsirabe des ossements de chiens avec du bois brûlé (Perrier de la Bathie). La même faune a été observée dans les environs de Betafo, au Sud et au Nord de l'Iavoko, dans les lacs de barrage créés par les dernières coulées issues de ce volcan au cratère si bien conservé. A Marotampona (entre Betafo et Antsirabe), la faune subfossile est accompagnée par une flore très riche, fort analogue, sinon identique à la flore actuelle. Enfin un crâne d'*Archæolemur* a été trouvé par Mme Carle dans une grotte du plus jeune de ces volcans [117].

Cette même faune éteinte a été découverte dans les mêmes conditions près de Tsarazaza, au milieu de la cuvette marécageuse d'Ampasambazimba, au Nord-Ouest du lac Itasy, formée grâce au barrage du Mazy par une des coulées basaltiques les plus récentes du massif. Le dépôt fossilifère est encroûté superficiellement par un travertin ou par de l'opale d'origine hydrothermale; ces produits englobent aussi des coquilles de Mollusques, des débris de végétaux. J'y ai recueilli de la pyrite, de l'aragonite; les ossements se trouvent en quantité prodigieuse dans une sorte de tourbe, avec des troncs d'arbres[1], des branches, des feuilles, des fruits, etc.

1. On vient de découvrir près de Ramainandro, les restes d'une forêt carbonisée sous une coulée basaltique, issue de l'Ankaratra.

Enfin, cette même faune encore se rencontre aussi à la surface des dunes littorales et dans les marécages de la côte Sud-Ouest et Sud entre la Tsiribihina et Fort-Dauphin (caverne d'Andrahomana), et notamment entre la Linta et le cap Sainte-Marie. Ces dépôts à ossements sont parfois cimentés par de la calcite et renferment des fragments de bois lignitifié. Les principaux gisements sont : le Sud-Ouest d'Ejeda, Betroky, Taolambiby, Ambolisatrana, Belo, Lamboharana, Ankevo, Isotry. Il faut aussi citer plus au Nord la région de Maintirano.

M. G. Grandidier, qui a étudié cette faune, a signalé [196] que certains os longs d'*Æpyornis* ou d'Hippopotames portent des entailles faites (à l'état frais) à l'aide d'instruments tranchants, qu'ils sont accompagnés de dents perforées d'un lémurien actuel, l'Aye-Aye (*Chiromys madagascariensis*), de poteries grossières, de pierres à fusil taillées ; M. Monnier a recueilli aussi à Ampasambazimba des poteries, des instruments de bois ou d'os, un fragment de porcelaine polychrome chinoise ou persane, un fer de hachette de forme actuellement inconnue dans l'île, etc. Cette faune est donc tout à fait récente et la disparition de ces grands animaux caractéristiques est contemporaine de l'homme.

Dans la région de Benenitra, les grès triasiques sont recouverts par une quarantaine de mètres d'une argile grise, renfermant, à sa base, des lignites avec débris végétaux déterminables [Cf. Fritel, 188 *ter*] : *Phragmites communis* (rhizomes, tiges et feuilles), fougères du groupe du Nephrodium (*Nephrodium cucullatum, Aspidium unitum*). Ces plantes font partie de la flore actuelle de l'île. Au milieu de ces argiles, se trouvent des nodules de sidérite.

Comme phénomènes actuels, il faut citer encore :

1° La production de grès à ciment calcaire aux dépens du sable des dunes de la côte orientale (Nord de Tamatave) et méridionale (environs de Fort-Dauphin) ;

2° La formation sur la côte de Nosy Be, à Nosy Anambo (Ile boisée), etc., au voisinage des bancs de coraux, de conglomérats calcaires à blocs de basaltes, à débris de Polypiers et de coquillages marins ;

3° La production d'un dépôt de calcite à facies crayeux dans le lac Tsimanampetsa (Tsimanampetsotsa) occupant le milieu d'un grande lagune au pied de la falaise qui longe la mer au sud de l'Onilahy ;

4° Enfin, à côté des dépôts des sources thermales qui seront étudiées dans un chapitre spécial du tome II, il y a lieu de signaler la production dans les fentes de certains massifs calcaires, tels que le sommet de Windsor Castle, dans l'Extrême Nord, de concrétions calcaires englobant un grand nombre de coquilles terrestres actuelles (Hélicidés, etc.).

III. — INTRUSIONS ET ÉPANCHEMENTS POSTLIASIQUES : VOLCANS RÉCENTS[1]

A. — *Régions éruptives et âge des éruptions.*

(*Régions volcaniques.*)

Le Massif cristallin est bordé par une ceinture de roches éruptives, pour la plupart épanchées, qui se trouvent, soit dans les régions sédimentaires, soit sur les schistes cristallins, mais souvent à proximité de leur contact avec les sédiments et en relation évidente avec des accidents tectoniques. Enfin, au centre même de l'île, il existe, sur le substratum ancien, plusieurs massifs volcaniques remarquables (Ankaizina, Itasy, Ankaratra, Androy) et quelques points volcaniques de moindre importance.

Dans l'exposé qui va suivre, j'ai séparé ces centres éruptifs en deux groupes, considérant d'abord ceux qui se trouvent au milieu des sédiments, puis ceux qui reposent sur les schistes cristallins, non pas que j'attribue à ces deux manières d'être quelque importance spéciale au sujet de leur nature et de leur origine, mais parce qu'il faut suivre un ordre dans ce travail et, en outre parce que c'est au milieu des formations sédimentaires seulement qu'il est possible de réunir des notions sur l'âge des éruptions, notions à la vérité bien incomplètes encore. Voici en quelques mots en quoi elles consistent :

1° Il ne subsiste plus de volcans en activité dans l'île[2] ; les phénomènes internes ne consistent plus qu'en quelques sources thermales. Il existe des *pays* basaltiques, à cratère parfaitement intact, d'où sont parties des coulées bien conservées, véritables *cheires,* qui se sont épanchées dans les vallées actuelles (Nosy Be, massif d'Ambre, Sandrakoto, Sud de l'Ankaratra) ou se sont étalées sur un substratum presque horizontal et ne sont pas érodées (Itasy). Leurs laves sont absolument fraîches. Les éruptions qui ont édifié ces appareils doivent donc être considérées comme tout à fait récentes, surtout si l'on tient compte de l'intensité de la décomposition atmosphérique et de la puissance de l'érosion dans un pays tropical tel que Madagascar.

Dans le Sud de l'Ankaratra tout au moins (environs d'Antsirabe), on a la preuve que, cependant, ces éruptions ne datent pas d'hier : on a vu en effet page 75 que c'est

1. La discussion des relations magmatiques de ces roches et des conséquences géologiques à en tirer étant basée sur leur étude minéralogique et chimique, je ne la donnerai que dans le tome II, comme conclusion des chapitres de Lithologie, me contentant ici d'étudier la distribution des roches dans l'espace et dans le temps.

2. Un volcan actif existe à la Grande Comore, il en est question page 142.

parfois dans les marais de petites vallées qui commencent à se creuser aux dépens de ces coulées ou dans des grottes rencontrées au milieu des cendres de ces puys qu'a été observée la fameuse faune à Lémuriens subfossiles, vraisemblablement contemporaine de l'homme ; l'activité volcanique leur a donc été nettement antérieure.

2° Dans le Bobaomby, des tufs et des coulées basaltiques sont intercalés dans l'Aquitanien, ce qui date ces éruptions dont les appareils ont presque entièrement disparu.

3° Entre la Sofia et la Betsiboka, des coulées basaltiques sont intercalées dans le Sénonien. Entre la Betsiboka et l'Onilahy, de nombreuses coulées rhyolitiques et basaltiques reposent sur divers étages du Crétacé et, en quelques points, sont recouvertes par le Sénonien. On verra page 107 que, sur la rive gauche de l'Onilahy, en aval de Tongobory, une coulée basaltique est recouverte par le Sénonien et, d'autre part (page 82), que le Sénonien du Massif d'Ambre renferme des fragments trachytiques. Les éruptions datent donc du milieu du Crétacé.

Telles sont les seules données véritablement précises acquises à l'heure actuelle ; pour quelques autres éruptions, il est possible seulement de fixer un âge maximum. C'est en particulier le cas de la coulée de trachyte de Nosy Karakajoro, qui recouvre l'Aquitanien et aussi des dernières rhyolites de l'Androy, qui traversent des calcaires tertiaires (Aquitanien ou Éocène)? Les basaltes du Sud d'Analalava recouvrent les grès cénomaniens.

Dans la région d'Andavakoera, des dykes de roches variées sont postérieurs au Trias. Dans la province d'Ampasindava, les nombreux types lithologiques intrusifs, qui ont rendu cette région célèbre, métamorphisent le Lias supérieur et, en quelques points, le Jurassique moyen. Les dykes et les intrusions de l'Ambongo et du Nord du Menabe sont post-liasiques.

Dans les paragraphes qui suivent, les diverses régions volcaniques vont être passées en revue, en allant du Nord au Sud.

B. — *Intrusions et volcans de la région sédimentaire.*

a. — Extrême-Nord.

L'Extrême-Nord est la partie de Madagascar la mieux connue au point de vue géologique, grâce aux recherches de M. P. Lemoine [199] qui y a recueilli les seules données chronologiques précises que l'on possède actuellement sur une série d'éruptions dans l'île.

α. **Bobaomby.** — La partie septentrionale de ce massif est essentiellement volcanique, mais il n'y existe plus d'appareils conservés, sauf peut-être à Ambohibiry (massif de la Poule) et à Nosy Koba (baie des Cailloux Blancs). On n'y observe que des lambeaux de coulées basaltiques discontinues, formant des sortes de pitons isolés (Bobaola, Vatozanahary, Ampotaka, Ambatoafo, Ambohitrakoholahy, etc.) ou même de véritables plateaux horizontaux (La Table) qui ont préservé contre l'érosion les tufs basaltiques sous-jacents peu cohérents. L'âge de ces tufs est connu, car ils alternent avec des calcaires aquitaniens ou peut-être même burdigaliens (R. Douvillé, Leriche [202 *bis*]) à *Lépidocyclines* et contiennent eux-mêmes des fossiles (*Polypiers*, etc.). Des filons de basalte traversent tufs et calcaires (Nord d'Ambatoafo ; Est de l'Ambohitrakoholahy et aussi extrême pointe de l'île dans les petits îlots situés entre le cap d'Ambre et le cap Ambohitramporia). Il faut rattacher à la même série les filons basaltiques qui traversent tous les sédiments, depuis le Cénomanien jusqu'au Nummulitique inclus, dans le massif de Windsor Castle qui relie le Bobaomby au massif d'Ambre.

A côté de ces basaltes, se rencontrent des tinguaïtes (phonolites) recueillies pour la première fois par M. Alluaud et étudiées ensuite par Fouqué, par moi-même et par M. P. Lemoine qui a déterminé leurs conditions de gisement. Elles sont localisées au voisinage de Diego-Suarez. Dans l'isthme d'Andrakaka, elles constituent, au milieu des argiles cénomaniennes, un dyke formant une crête qui domine la mer d'une centaine de mètres ; à l'Ouest, sur le chemin d'Andohazompona, il existe d'autres filons. Sur l'un des promontoires de la presqu'île du cap Diego (Anse du Bivouac), ces phonolites paraissent former une coulée recouvrant les argiles cénomaniennes, alors qu'au col du Courrier, elles semblent s'être épanchées sur des grès sénoniens, mais l'on ne sait rien de plus ; dans le petit massif d'Andranotsara, il existe des brèches phonolitiques. Nulle part, il n'a été possible de voir le contact de ces roches à néphéline avec les basaltes.

β. **Massif d'Ambre.** — Ce massif est plus important que celui du Bobaomby. Il ne mesure pas moins d'une cinquantaine de kilomètres de diamètre, auxquels il faut joindre la presqu'île de Saint-Sébastien, les petites îles voisines (Nosy Valiha, Nosy Fisaka, Nosy Mananono, ainsi que Nosy Mitsio située plus au Sud). Entrevu par Cortese [118] et par Baron [109], il a été étudié en détail par M. P. Lemoine [199] et, au point de vue géographique, par M. Landais [294] ; je l'ai moi-même parcouru rapidement.

L'épaisseur de la couverture forestière ne permet pas d'études de détail ; on peut dire seulement que ce massif est essentiellement formé par des alternances de

tufs et de coulées volcaniques ; l'âge des plus anciennes de ces formations est indéterminé, mais M. Lemoine pense, avec beaucoup de vraisemblance, qu'une partie, au moins, d'entre elles peut être contemporaine des éruptions aquitaniennes du Bobaomby. Dans le Cénomanien qui borde le massif vers le Nord (Anamakia, Ankiabe) en effet, il existe des filons de roches basaltiques (limburgite entre Ankiabe et Ambotsimihely) ; dans la Montagne des Français, située sur le flanc Nord-Est du massif d'Ambre (notamment au mont Bararata, à l'Embrasure), les filons basaltiques traversent les sédiments crétacés et le Nummulitique. Il s'en trouve d'autres au mont Raynaud (dans les argiles cénomaniennes) et dans le massif d'Analatambo (dans les grès du Crétacé inférieur). Ces basaltes ne paraissent pas pouvoir être séparés de ceux du Massif d'Ambre et l'on voit que l'âge au moins postnummulitique de quelques-uns d'entre eux n'est pas douteux.

Une observation relatée plus loin semble indiquer qu'il en existe même de plus anciennes.

Sur les formations basaltiques du Massif d'Ambre, se trouvent des cônes de scories de même nature minéralogique, de véritables *puys,* édifiés par des éruptions plus récentes ; ils sont si bien conservés que l'on ne peut douter de leur très grande jeunesse. Certains d'entre eux sont alignés dans la forêt suivant une direction Nord-Nord-Ouest (cratères Géraud, Mahery, Janson) au milieu du massif et dans l'axe du camp d'Ambre. Il en existe d'autres, en dehors de la forêt, qui déterminent des alignements analogues (cratères d'Antanavo ou Bontemps, Ramahatra et cratère Landais, à l'extrémité la plus méridionale du massif, au Sud d'Ambondrofe sur la route des placers), puis sur la rive droite du Rodo (mont de Metz près Ambery). Enfin dans le Sud-Ouest du massif, il faut en signaler d'autres, moins nombreux, dans les dépressions du haut Ankarana et de l'Andranomandevy (Puy Joffre, Puy Noir, égueulés vers l'Ouest). Le dernier cratère du côté du Sud-Ouest est situé à 3 kilomètres à l'Ouest de l'ancien camp d'Ambilomangodra (au Nord de l'extrémité méridionale du mur de l'Ankarana). Plusieurs de ces cratères sont occupés par de très beaux lacs (lac Mahery, Petit Lac ou Coupe Verte, Grand Lac ou Mare aux Sangsues, lac Antanavo).

Des coulées remarquablement fraîches se sont épanchées sur toute la périphérie du massif et souvent au fond des vallées actuelles, apportant ainsi la preuve de l'âge récent des éruptions qui leur ont donné naissance (Pliocène ou Pléistocène) ; sous la coulée d'Antsirane a été recueillie l'*Ostrea cornucopia* à la surface des argiles cénomaniennes ravinées.

Les roches dominantes dans le Massif d'Ambre, aussi bien parmi les anciennes que parmi les tout à fait récentes, sont basiques ; ce sont des basaltes assez feldspathiques, parfois ophitiques (Dover Castle, dans la région du Nord), exception-

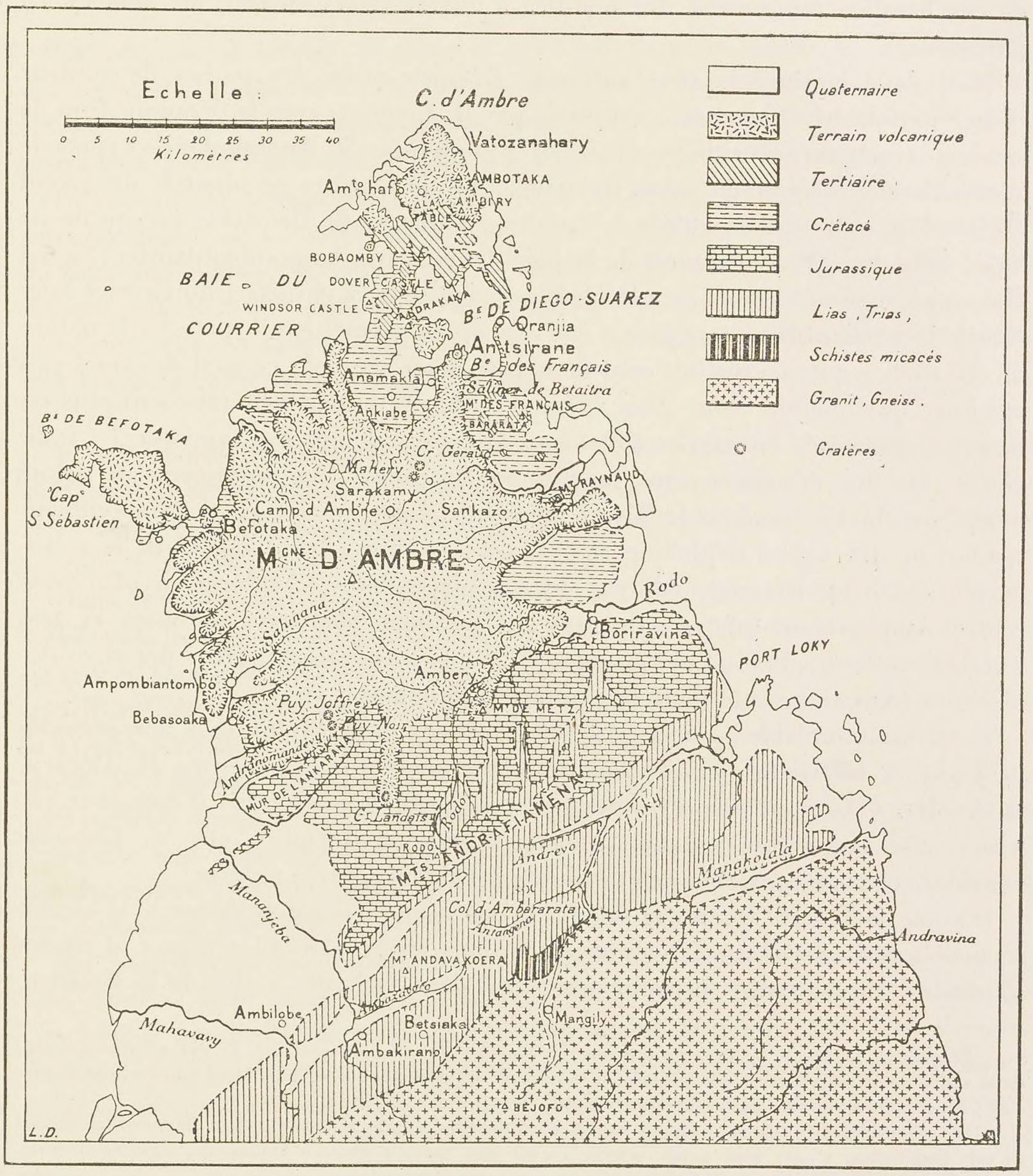


Fig. 4. — Région volcanique de l'Extrême Nord, d'après M. P. Lemoine.

nellement basanitiques (ravin du Potager, au Nord du camp d'Ambre ; Nosy Mitsio ; piton d'Ankarana). Ces roches sont accompagnées de tufs. Certains de ces basaltes renferment des nodules à olivine (Nosy Mitsio ; lac Mahery en particulier).

Mais dans la série la plus ancienne il existe aussi des roches de couleur claire, parfois très blanches, comprises par M. Lemoine sous la dénomination de cendres trachytiques silicifiées ; il les a indiquées à Andranofanjava (près de Sankazoambo, région du mont Raynaud), sur la bordure occidentale du massif (intercalées entre deux coulées de basalte), Ambararata, Befotaka, presqu'île de Saint-Sébastien (Versant Ouest de la baie d'Ambaro), Ampombiantambo (Signal Colonne[1], reposant sur une coulée de basalte épanchée à la surface du Crétacé inférieur). Des échantillons que je dois à M. Lemoine permettent de préciser la nature de ces roches qui, en réalité, sont de nature assez variée[2] ; ce sont des trachytes alcalins, quelquefois assez frais (Signal Colonne), mais généralement plus ou moins transformés en argiles colloïdes (Ambaro), ce qui explique que les indigènes (qui les désignent sous le nom de *tanifotsy*), les emploient au même usage que le kaolin dans le Massif cristallin. Mais il existe aussi (Ampombiantambo) un trachyte à néphéline et pyroxène sodique (dyke) rappelant la sölvsbergite de Nosy Kivonjy, des rhyolites à plagioclases très dures, à pâte verte (entre Ampombiantambo et Bobasakoa), ou bien blanches, poreuses et très quartzifiées (entre Befotaka et Ambatobolangola ; Andranofanjava) ; des rhyolites alcalines (Antongombato dans la plaine d'Anamakia).

Il est vraisemblable que ces roches blanches ont été émises à des périodes géologiques différentes. D'après les renseignements que m'a fournis M. Decary, la rhyolite d'Antongombato forme une coulée de 4 à 5 mètres d'épaisseur sur une coulée basaltique descendant de la Montagne d'Ambre que M. Lemoine considère comme postastienne et qui est probablement très récente.

D'autre part, MM. Decary et Sandoz m'ont remis des galets de trachyte alcalin recueillis avec ossements (*Dinosauriens* ?) dans les grès friables blancs et jaunes sénoniens, à plaquettes ferrugineuses, qui, dans la haute vallée de la Betaitra,

1. D'après M. Lemoine, ce trachyte se dresse au Signal Colonne d'un seul jet, à 200 mètres au-dessus de la vallée de la Sahinana ; à Ambararata, il constitue un mamelon isolé, plus élevé que les basaltes voisins ; il est possible que ce soit là un dôme éruptif.

2. Un échantillon très tendre, recueilli sur les rives du Sandrangoty (Ouest du mont Raynaud) au milieu de tufs basaltiques, a une tout autre origine ; c'est une terre à grosses Diatomées, une randannite. M. Mangin y a trouvé surtout *Rhopalodia vermicularis* (et quelques espèces voisines) qui n'étaient connues jusqu'ici que dans le plankton de surface des grands lacs de l'Est Africain (Nyassa, Tanganika, Victoria-Nyanza) et dans celui de leurs affluents. C'est donc une espèce actuelle d'eau douce, fait intéressant, non seulement au point de vue de la géographie botanique, mais aussi à celui de l'âge des tufs volcaniques au milieu desquels cette randannite est intercalée (Cf. A. Lacroix [198]).

entre la Montagne des Français et le village d'Antanamitarana, recouvrent les grès pyriteux du Cénomanien.

En résumé, il semble donc qu'il y ait eu dans le Nord de Madagascar : des éruptions antesénoniennes (Massif d'Ambre), des éruptions aquitaniennes (Bobaomby) et d'autres plus importantes, postérieures, qui se sont prolongées jusqu'à la période actuelle ou tout au moins jusqu'au Pléistocène.

L'existence de gros cristaux de corindon, de zircon, de spinelle, semblables à ceux du Massif cristallin dans les projections de plusieurs puys récents (notamment de celui du lac Mahery) montre que les roches anciennes (cf. page 20, note 1) ne doivent pas être très profondément enfouies sous les roches volcaniques ; ces minéraux sont associés à de gros cristaux de hornblende d'origine magmatique et à des enclaves de syénites (lac Mahery).

γ. **Vallées de l'Ambavazoro et de la Loky.** — Le massif d'Ambre est limité au Sud par une large bande sédimentaire dans laquelle se succèdent, du Nord au Sud, le Jurassique inférieur, le Lias, puis le Trias qui butte contre la bordure septentrionale du Massif cristallin.

Dans la région aurifère d'Andavakoera (vallée d'Ambavazoro) et dans la haute vallée de la Loky, il existe, non plus des roches épanchées, mais quelques dykes de roches alcalines microsyénitiques ou microlitiques, alignés suivant une direction Nord-Est, comme les filons aurifères et comme ceux-ci encaissés soit dans le Trias, soit dans les micaschistes. Les premières de ces roches ont été signalées par M. P. Lemoine dans la haute vallée de la Loky [199]. M. Bordeaux en a plus tard recueilli d'autres ; elles ont été décrites par M. de Launay [243] qui a montré l'analogie que présentent plusieurs d'entre elles avec les roches de la province d'Ampasindava. J'ai moi-même parcouru cette région, sur laquelle, plus tard, j'ai été documenté par MM. Benoit et Perrier de la Bathie.

Du Nord-Est au Sud-Ouest, les principaux gisements de ces roches, souvent très altérées, sont les suivants : dans la vallée de la Loky, mont Mahatsinjo (trachyte à aegyrine) ; entre le col d'Ambararata et Ambodibonara (microsyénite néphélinique et camptonite, micromonzonite) ; le mont Amboronarivo (dominant le lac de Somely) et une colline allongée Nord-Est, entre Ambararata et Antangena (rhyolite). Dans la vallée d'Andavakoera : Antangena (gautéite sur la crête et micronordmarkite) ; Andrafialava (micronordmarkite) ; entre Betankilotra et

1. En raison de leur peu de volume, ces roches n'ont pas été figurées sur la carte (fig. 4). On les trouvera représentées tome II sur la carte de la région d'Andavakoera.

Berezika (camptonite) ; 200 mètres de Betsieka (labradorite diabasique) ; il faut citer en outre des labradorites très calcifiées à Andimakomby, Andavakoera (Ampomony) ; aux chutes du Ranomaloto et aussi dans les travaux souterrains des mines à Ambilo et à Ranomafana.

δ. **Nosy Be.** — Nosy Be a été étudiée pour la première fois au point de vue géologique, en 1851, par Herland [126] qui en a donné une carte représentant bien les relations des roches volcaniques et du substratum sédimentaire liasique de l'île. C'est surtout la connaissance de celui-ci qui a été perfectionnée par les récoltes de Villiaume et par celles de M. P. Lemoine. M. Vélain a fourni quelques renseignements pétrographiques [169] que j'ai complétés et rectifiés plus tard [131-132].

Si l'on met à part la pointe de Lokobe dont il est question plus loin, et qui est formée par des roches grenues entourées de sédiments métamorphiques, le substratum liasique n'apparaît guère que dans le Nord de l'île et au fond de quelques vallées profondes (Andriana et Antorotoro) de la partie centrale de celle-ci qui est essentiellement constituée par des tufs et des coulées de laves basiques ; de nombreux puys, qui donnent un cachet spécial au paysage de Nosy Be, prêtent aux mêmes observations que ceux du cap d'Ambre ; là aussi, des coulées se sont certainement épanchées dans les vallées actuelles. Les volcans de Nosy Be sont donc très récents, mais aucune tradition n'existe sur leur activité.

Les principaux puys à cratère, souvent rempli d'eau, se trouvent au centre de l'île, dans ce qu'on appelle la région des Lacs : Ankaibe ; Maintimaso ; Tanilatsaka ; les Deux Sœurs, Bemapaza ; Bongo Pisa ; Amparibe ; Antsidy ; Tsimamangahava ; dans le Nord-Est, Ambafaho ; dans l'Est, Amparihy M'Kola, Andrafia ; dans le Sud, près de Helville, Jabaly, Sajoa, Antsahakolany (Saoulang), Ampombilava.

Les roches volcaniques de Nosy Be sont surtout des ankaratrites, des limburgites (Ambafaho) ou des basanites limburgitiques, avec peut-être quelques roches à leucite ; les nodules à olivine n'y sont pas rares. Herland cite d'une façon vague des phonolites ; je n'en ai pas vu, mais l'existence de roches blanches n'est pas improbable puisqu'il en existe dans l'île Sakatia.

Les coulées sont relativement peu nombreuses : route de Hellville à Fascène, Mahazandry et Ankalampokely, pointe Amporaha, etc.

Les îlots bordant Nosy Be sont aussi volcaniques et en général basaltiques : Nosy Kely, Nosy Tanga, les petits îlots qui prolongent la pointe de Tafondro (Nosy Telo, Nosy Fasana), Nosy Faly et, sur la Grande Terre, la presqu'île d'Ambato, qui est sur son prolongement (ankaratrite limburgitique). Sakatia est plus compliquée, basaltique et rhyolitique.

b. — **Nord-Ouest.**

α. **Province pétrographique d'Ampasindava.** — A partir de 1902, j'ai désigné sous ce nom la plus intéressante des régions de l'île au point de vue lithologique. Il n'est pas inutile d'exposer la genèse de mes recherches dans cette direction, afin de montrer quels services les officiers et les fonctionnaires coloniaux peuvent rendre à la Science, même lorsqu'ils ne sont pas spécialistes.

En 1899, Villiaume, alors en service à Nosy Be, comme officier d'administration d'artillerie coloniale, me faisait parvenir quatre petits fragments de granite qu'il avait recueillis dans le massif des Deux-Sœurs. Il me demandait leur détermination. Ces roches appartenaient à un type remarquable de granite alcalin dont je poursuivais l'étude, à l'aide d'échantillons que m'avait rapportés de l'Ambongo M. E. Gautier ; j'ai publié alors leur description [127]. J'engageai Villiaume à recueillir des collections de roches, toutes les vraisemblances étant pour la découverte d'autres types alcalins. Bientôt les envois se succédèrent, m'apportant chaque fois des surprises de plus en plus grandes qui me permettaient d'orienter les recherches de mon correspondant. Villiaume ayant été chargé par le général Gallieni de prospections sur les prétendus gisements de houille d'Ankaramy, disposait de puissants moyens en personnel et en explosifs. Mon laboratoire du Muséum ne tarda pas à être rempli d'une admirable série d'échantillons, non pas d'échantillons minuscules, mais de blocs montrant souvent des sections de filons entiers.

La description d'un grand nombre de ces matériaux a fait l'objet de deux importants mémoires, publiés dans les *Archives du Muséum* en 1902 et en 1903 [131-132].

Lorsqu'en 1904, Villiaume rentra en France, il avait fait un élève en la personne du capitaine d'infanterie coloniale Colcanap, qui commandait alors le secteur d'Analalava et qui, plus tard, entré dans l'Administration, est mort au service de la Colonie après avoir découvert les gisements de houille de la région de Benenitra dont il a été question plus haut. Colcanap m'a envoyé une volumineuse collection de roches qui sont restées pour la plupart inédites, à l'exception de celles constituant son premier envoi que j'ai remises à M. P. Lemoine pour sa thèse. M. Lemoine a lui-même parcouru rapidement la région d'où proviennent ces roches alcalines ; les observations qu'il y a recueillies sont venues confirmer l'exactitude de celles de Villiaume ; il a en outre trouvé (à la pointe d'Andrahibo) un intéressant gisement que je ne connaissais pas.

Antérieurement à mes observations, le R. Baron avait traversé le Nord-Ouest

de l'île et il y avait signalé [109] deux roches intéressantes qui ont été décrites par M. Hatch [125], un basalte camptonitique d'Ambodimadiro et une foyaite du Bezavona. Au moment où je rédigeais mon premier mémoire, le R. Baron a bien voulu m'adresser un fragment des roches[1] qu'il avait recueillies au cours de ce voyage et j'ai pu en donner alors une description sommaire. Les gisements d'où elles provenaient ont été plus tard repérés exactement par Villiaume et leur étude en a été complétée.

Enfin, en 1911, j'ai consacré un mois à explorer cette région, afin de coordonner toutes les observations précédentes et de les compléter.

La province d'Ampasindava est essentiellement constituée par la région sédimentaire de la presqu'île d'Ampasimena et par sa soudure avec le Massif cristallin ; elle se prolonge au Sud jusqu'au parallèle d'Andranosamonta ; la pointe d'Ankify, l'île de Nosy Komba et, dans la partie Sud-Est de Nosy Be, la pointe de Lokobe en constituent les limites du côté du Nord-Est. Les premiers gisements étudiés sont ceux qui jalonnent le bord de la baie d'Ampasindava ; au Sud-Est de celle-ci, le dernier point où les roches alcalines ont été trouvées est le lit de l'Ambahatra, affluent de gauche du Sambirano (granite, microsyénite quartzifère, trachytes alcalins non en place). Au point de vue magmatique, il faut rattacher à cette province les gisements actuellement connus dans le Massif cristallin lui-même et qui sont sans doute destinés à apparaître plus nombreux quand l'exploration de cette région aura été poussée plus loin.

Quelques observations générales doivent être faites tout d'abord. La région sédimentaire constitue des mamelons ou des montagnes très boisés et d'exploration toujours difficile ; ils sont parfois impénétrables. Le géologue qui remonte les ruisseaux ou qui circule en bas des pentes est frappé par l'abondance et l'importance des accumulations de blocs d'origine éruptive ; il est tenté de considérer ces roches comme constituant la montagne tout entière, mais s'il parvient à gravir celle-ci, il finit presque toujours par voir en place les roches sédimentaires (grès, marnes ou calcaires) ; il constate que souvent les crêtes sont seules constituées par les roches éruptives. Il faut en conclure que celles-ci se présentent surtout sous forme de dykes peu à peu démantelés ; ainsi s'accumulent, en bas des pentes, des matériaux qui cachent les sédiments sous-jacents ; dans les ruisseaux, ces derniers d'ailleurs, beaucoup plus friables, sont aisément triturés et disparaissent rapidement. En outre, les dykes de petites dimensions sont innombrables et sont

1. A la mort du R. Baron, le Muséum a acheté sa collection formée de très petits échantillons.

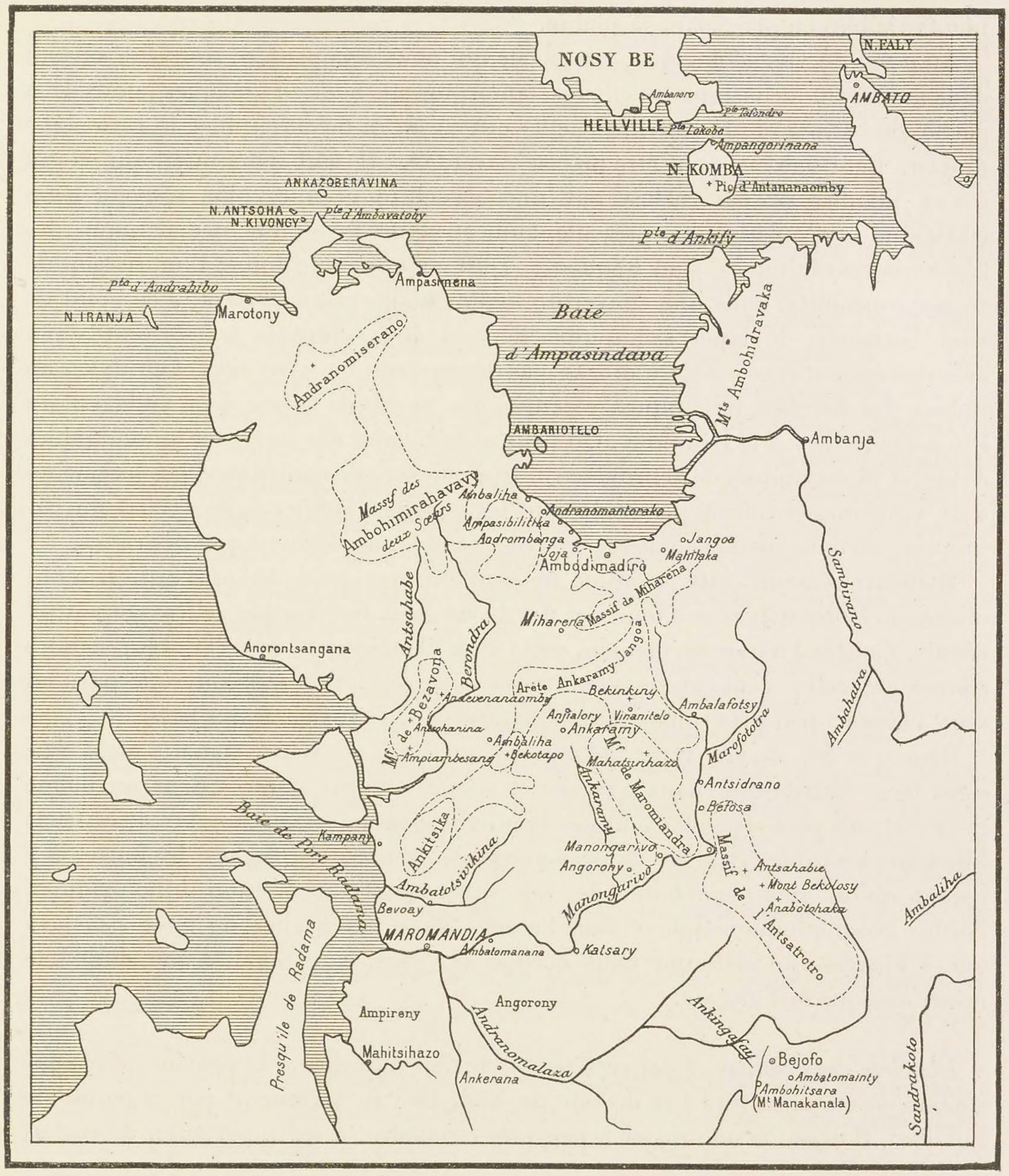


FIG. 5. — Province pétrographique d'Ampasindava.

surtout faciles à trouver dans le lit des ravins. Ils constituent les seuls affleurements visibles en place dans la plaine.

Au point de vue géologique, les roches qui nous occupent se trouvent surtout dans la formation liasique qu'elles métamorphisent, mais en quelques points de la partie Sud-Ouest de la province, elles ont en outre métamorphisé le Jurassique moyen. Leur âge ne peut être précisé davantage. Il faut remarquer que si un grand nombre de ces roches ont une structure grenue, plus souvent leurs feldspaths sont aplatis, elles présentent une structure foyaïtique ou diabasique ; les types microsyénitiques sont fréquents. Tout cet ensemble donne l'impression de roches consolidées sous une couverture sédimentaire peu épaisse et, à ce point de vue, beaucoup de types syénitiques doivent être comparés à tous égards aux syénites quartzifères à aegyrine que j'ai découvertes en gros sills et en dykes au milieu des brèches basaltiques récentes des ravins de Cilaos dans le Massif du Piton-des-Neiges, à la Réunion [1]. On peut se demander dès lors si les innombrables dykes et filons minces de la province d'Ampasindava ne constituent pas les racines d'un vaste massif volcanique érodé dont les quelques lambeaux de roches microlitiques, certainement épanchées, trouvées çà et là, ne seraient que des restes.

Malheureusement cette question ne peut être que posée aujourd'hui, il serait oiseux de la discuter plus à fond sur des bases aussi fragiles que celles que j'ai pu réunir. Ce sera l'œuvre de demain, mais d'un demain sans doute lointain, car les coupes naturelles sont extrêmement rares et la végétation qui couvre le pays en rend l'étude à peu près impossible, au moins pour le voyageur qui passe.

Bien que les divers types pétrographiques qui vont être signalés aient une assez large distribution dans l'espace et soient souvent associés dans un même gisement, on peut cependant diviser la province en un certain nombre de districts lithologiques caractérisés par la prédominance de certaines roches, les autres n'y jouant qu'un rôle secondaire. Je vais substituer cette division lithologique à l'ordre géographique employé dans l'étude des autres parties du pays Sakalava qui, à l'inverse de celle qui nous occupe ici, sont, en général, d'une simplicité minéralogique fort grande.

Districts des granites et des syénites. — Il faut rattacher à la province d'Ampasindava l'extrémité Sud-Est de l'île de Nosy Be, se terminant par la pointe de Lokobe [2]. Il existe là une masse à peu près circulaire, assez importante, de roches

1. *Comptes rendus*, t. 114, 1912, p. 630.
2. En 1851, Herland a signalé [126] les roches grenues de Lokobe, sous le nom de granites, appelant gneiss les roches liasiques métamorphisées par elles. Plus tard, M. Vélain a décrit [169] comme granite, à la fois les mêmes roches et les syénites néphéliniques de Nosy Komba. Herland a aussi indiqué l'existence

grenues aux pentes raides, à peine creusée de ravins, qui contraste avec les formations volcaniques constituant le reste de l'île. Ce sont de gros dykes de syénites (pulaskite et laurvikite) et de granite à amphibole, des filons minces de microgranites d'un blanc de lait (bostonites quartzifères) qui traversent et métamorphisent les grès et les calcaires du Lias supérieur. La forêt qui couvre le Lokobe est extrêmement difficile à pénétrer, mais toute la côte, d'Ambanoro à la pointe de Tafondro, fournit à la basse mer de magnifiques affleurements qu'il est facile d'étudier. C'est là surtout que j'ai recueilli mes échantillons.

Quelques filons d'aplite traversent le Lias du Nord de l'île dans la vallée de l'Andriana, au voisinage du filon plombifère de d'Ankalampobe.

Sur la Grande-Terre, vis-à-vis de Nosy Be, se dresse le massif des Deux-Sœurs ou Ambohimirahavavy ; il est boisé et inexploré. Il suit à peu près la côte de la baie d'Ampasindava et envoie vers celle-ci des chaînons parallèles entre eux, qui limitent de petites vallées irriguées par des torrents dont quelques-uns roulent des blocs de roches éruptives. J'ai examiné un grand nombre d'entre eux provenant des environs d'Ambaliha, ils sont complexes : granites et syénites quartzifères à lanéite, monzonites, syénites néphéliniques, berondrites, fasinite, phonolites, labradorite à labrador et enfin un granite porphyroïde à microcline et biotite, rappelant ceux du Massif cristallin et différant de tous les granites connus en place dans la région qui nous occupe.

J'ai recueilli plus à l'Ouest, sur la côte près d'Ampasimena, des blocs de tinguaïte et d'une roche porphyrique à néphéline que j'appelle *ampasiménite*. Toute la pointe de la presqu'île d'Ampasimena est constituée par des grès renfermant des lits charbonneux ; elle paraît dépourvue de roches éruptives, mais ces mêmes grès, dans la baie de Marotony et surtout à la pointe d'Andrahibo, sont traversés par des dykes de sölvsbergite. C'est là un gisement intéressant que j'ai étudié sur place ; cette roche est sillonnée sur le bord de la mer, par des veines blanches que l'on pourrait prendre pour un autre type lithologique, mais qui ne sont que des zones d'altération.

Deux îlots voisins sont intéressants au point de vue qui nous occupe. Nosy Iranja renferme une pulaskite pegmatoïde, Nosy Kivonjy est constituée par une sölvsbergite, passant à la phonolite, présentant le même aspect et la même structure que la sölvsbergite d'Andrahibo. J'ai décrit autrefois cette roche en indiquant qu'elle provenait de l'îlot Antsoha, mais celui-ci, très voisin de Nosy Kivonjy, est un rocher à parois verticales, très difficile à aborder, sauf par mer d'huile, ce qui

de granite, de diorite, de syénite, de roches porphyroïdes, de quartz à Ambafaho sur la côte Nord-Est de l'île. Le P. Raimbault, qui, sur ma demande, a bien voulu visiter cet endroit, n'y a vu que des basaltes scoriacés.

n'était pas le cas, lorsque j'ai essayé de l'atteindre : elle m'a paru ne renfermer qu'une cornéenne (calcaire métamorphisé). On verra plus loin que la petite île voisine d'Ankazoberavina est de nature volcanique (basalte et trachyte).

Revenons maintenant à Ambaliha ; le sentier qui en part et qui longe la côte pour se diriger vers l'Est, franchit un grand nombre de ces arêtes perpendiculaires à la côte et passe à Andranomantoraka ; dans une de ces arêtes. M. Villiaume a fait jadis des recherches sur un contact de cornéennes calcaires et de granite à riebeckite, contact qui renferme des lentilles de magnétite.

Le ravin qui précède le village d'Ampasibitika présente un intérêt capital au point de vue lithologique. Il est encombré de blocs de syénites et de granites alcalins et vient se terminer à une haute falaise inaccessible, aux parois verticales constituées par des alternances de cornéennes (grès calcaires métamorphisés) et de calcaires marmoréens. Ces roches se délitent en blocs polyédriques et constituent des échelons gigantesques, avec paliers peu inclinés sur l'horizontale, qu'encombrent des blocs éboulés, noircis par un enduit manganésifère. De tous ces échelons, le ruisseau tombe en cascades. Les parois de cette falaise sont sillonnées de filons anastosmosés de granite à aegyrine et riebeckite et de la roche spéciale que j'ai nommée fasibitikite ; les calcaires sont en outre traversés de veinules à gros grain, formées de grenatite jaune à wollastonite, pyroxène, etc.

Tous les ravins et aussi les pentes de la montagne dans la direction de la Joja, sont remplis ou couverts de blocs des mêmes roches, ainsi que de syénites quartzifères. Dans l'un de ces blocs syénitiques, j'ai constaté l'existence d'une veine de granite à riebeckite, ce qui fixe l'âge relatif de ces deux roches. Sur le bord de la mer, près d'Andrombanga, j'ai vu des blocs d'une pegmatite dont les cristaux de riebeckite atteignent 20 centimètres de longueur.

Sur la bordure orientale de la province, à partir d'Ankaramy, se développe sur environ 15 kilomètres, une chaîne de montagnes dentelées, aux parois verticales, qui domine le cours Nord-Sud de la rivière d'Ankaramy, affluent du Manongarivo. Elle est très boisée ; sa base est formée de grès liasiques, mais la plus grande partie de ses hautes falaises est constituée par une nordmarkite rosée. A défaut de nom porté sur la carte, je la nommerai chaîne de Maromiandra, que j'ai employé antérieurement dans la description de cette roche. Quelques quartzites très durs, recueillis dans les ravins, me font penser que les grès ont été profondément métamorphisés, mais je n'ai pu observer de contact immédiat.

Cette chaîne finit au Manongarivo, près du village de ce nom ; à partir de ce point, le fleuve dont le cours était Nord-Est-Sud-Ouest, prend peu à peu vers

l'amont une direction Nord-Sud et longe le flanc oriental de la chaîne syénitique. J'ai étudié de nombreux échantillons recueillis par Colcanap dans cette haute vallée du Manongarivo ; à Befosa, syénite quartzifère à aegyrine et pulaskite ; à Antsiradrano, trachyte quartzifère et trachyte à plagioclases ; au confluent du Manongarivo et de la Marofototra, nordmarkite et diabase à olivine ; à Ankijanibe et à Beamalona, syénite quartzifère et granite à lanéite, enfin à Ambalafotsy, gabbro à olivine mélanocrate, monchiquite, camptonite et nombreux types de trachytes, quartzifères ou non (à aegyrine, à biotite et pyroxène), tinguaïte aux environs de Marofototra. C'est probablement aussi de cette même région et peut-être du massif montagneux de Bekolosy[1], qui se développe au Nord du confluent du Manongarivo et de la Marofototra, que proviennent des blocs de syénite néphélinique et de pulaskite, recueillis par Villiaume dans le lit du Manongarivo et non loin du village de ce nom. Par analogie avec ce qui a lieu plus à l'Ouest, il est légitime de penser que toutes ces roches forment des dykes dans les sédiments liasiques.

Il me reste à signaler une roche éruptive fort intéressante à cause de ses nombreux et grands cristaux de labrador qui forme un gros dyke à Angorony, à une heure de marche au Nord de Manongarivo, sur le sentier d'Ankaramy. Dans le voisinage se trouvent, au milieu des mêmes grès, quelques filons minces de monchiquite.

Au Sud-Est de Manongarivo, se développe sur une longueur de 20 à 25 kilomètres une autre chaîne syénitique, orientée Nord-Est Sud-Ouest, et qui se termine par le massif de l'Antsatrotro dont le point culminant (environ 1500 mètres), domine de loin Bejofo. Ce sont encore des montagnes aux flancs escarpés, couvertes de forêts épaisses, dans lesquelles ne pénètrent guère que les chasseurs de miel sauvage. Elles peuvent être tournées au Nord par la Marofototra et par le Sud, au Nord-Est de Bejofo. Toutes les roches que j'ai étudiées proviennent du versant oriental du massif ; elles proviennent des sédiments liasiques, mais non loin des gneiss. Elles sont de nature fort variée : granite à lanéite (ruisseau Antsahakolany) ; microsyénite quartzifère à lanéite et syénite à aegyrine (ruisseau Antsahabe et Antsahakolany) ; nordmarkite et micronordmarkite (Antsahabe, Antsahalava, Bekolosy (ruisseau Anabotohaka) ; pulaskite (Antsahalava, Antsahakolany) ; enfin, à Bekolosy, Anabotohaka, il existe une roche identique à celle d'Angorony.

Il faut signaler encore des roches microlitiques ; de même que celles du Manongarivo, elles ne sont pas toutes de nature filonienne : rhyolite noire compacte (Antsahabe) ou blanche (Antsahakolany), trachyte alcalin (Antsahalava), labradorite à labrador (mont Antsatrotro).

Au Sud de la chaîne de l'Antsatrotro et à 2 heures au Sud de l'Andranomalaza,

1. Le massif voisin du Tsitondroina est gneissique.

sur la rive gauche, il existe une syénite à lanéite dans les grès triasiques. Peut-être enfin est-ce de cette région que proviennent des blocs de laurvikite et de luscladite que Colcanap a recueillis en blocs roulés dans la même rivière, à 10 kilomètres en aval de Bejofo.

Une cornéenne à pyroxène, provenant du ruisseau d'Anabotohaka, montre que les roches grenues de cette chaîne ont déterminé d'intenses phénomènes métamorphiques dans les sédiments qu'elles traversent.

On verra plus loin l'énumération d'un certain nombre de gisements de roches basaltiques qui se rencontrent dans cette même région.

A peu près sur le parallèle de la chaîne d'Antsatrotro, mais à proximité de la baie de Port-Radama, se rencontrent de nombreux gisements de roches syénitiques qui semblent surtout constituer des dykes, bien qu'il ne soit pas impossible que les formes microlitiques qui les accompagnent aient constitué des coulées ; mais, dans ce pays bas, les coupes manquent et ces roches se trouvent surtout sous forme d'énormes blocs qui ont donné autrefois à Baron [109] pour l'une d'elles l'impression, certainement inexacte, d'un phénomène de transport. Au Nord de Maromandia, dans le lit et sur la rive droite de l'Ambatotsivikina, se trouve, au milieu des argiles schisteuses et des grès du Jurassique moyen, une microsyénite quartzifère (nordmarkite) à grain fin, passant à un trachyte ; les plus cristallines de ces roches ressemblent d'une façon remarquable aux syénites de la Réunion.

Au Sud de l'Andranomalaza, près d'Ampireny et à quelques centaines de mètres du chemin de Maromandia à Mahitsihazo, un dôme arrondi de trachyte quartzifère blanc domine d'environ 250 mètres la vallée ; des blocs éboulés ont roulé sur les flancs et bordent le chemin ; ce sont ceux-là seulement qu'a signalés Baron [109]; ce dôme traverse les grès du Jurassique moyen, mais près de leur limite avec le Jurassique inférieur.

Plus à l'Est de la plaine, se dresse à 654 mètres d'altitude le dôme arrondi d'Angorony ; sur un socle de calcaire à *Rynchonelles* du Jurassique inférieur exploité pour un four à chaux se développe une alternance de grès et de calcaires du Jurassique moyen. A une altitude d'environ 550 mètres, ceux-ci sont coiffés par un trachyte à aegyrine, surmonté par une centaine de mètres d'argile rouge. Un trachyte quartzifère de composition voisine barre un peu plus au Nord le lit du Manongarivo dans le voisinage d'Ambatomenavava.

Districts des syénites néphéliniques. — Nosy Komba, située entre la pointe de Lokobe et celle d'Ankify, est remarquable par ses roches néphéliniques. Des assises gréso-calcaires du Lias supérieur se voient en divers points de la côte qui, par ailleurs, est encombrée de blocs de roches néphéliniques visibles aussi çà

et là en place, notamment dans les portions Nord, Est, Ouest et Sud-Ouest de l'île.

Ce sont des gabbros amphiboliques, des syénites et des monzonites néphéliniques et des berondrites, toutes roches à hornblende, traversées par des syénites néphéliniques très leucocrates.

On verra dans le tome II la description des enclaves basiques si fréquentes dans les syénites et les modifications endomorphes que ces dernières ont subies par digestion de roches essexitiques. Toutes les crêtes de l'île et notamment celles de son point culminant, le pic d'Antananaomby, sont constituées par des syénites néphéliniques à hornblende. Celles-ci paraissent former d'importants dykes dans les sédiments qui se rencontrent en plusieurs points à une certaine altitude. Vers la cote 350, il existe des roches curieuses (grès feldspathisés ou roches endomorphes) dont l'origine sera discutée dans le chapitre de Lithologie.

Tout cet ensemble, sédiments et roches éruptives, est traversé par des filons minces de roches variées : microsyénites, phonolites, tinguaïtes ; il est remarquable de constater l'absence parmi celles-ci de roches basiques, roches qui sont, au contraire, extrêmement abondantes dans les régions voisines. Quelques dykes plus épais, de roches noires ont bien été recueillis sur les côtes Ouest et Est ; ce sont probablement des labradorites ou des andésites, mais elles sont trop altérées pour pouvoir être étudiées d'une façon complète. Il me reste à signaler des dykes peu épais, remarquablement réguliers, d'un microgranite blanc, à facies bostonitique, que je n'ai vu que dans les sédiments sur la côte Nord ; à Ampangorinana, de même qu'à Lokobe, l'un d'eux se prolonge dans la mer.

La pointe d'Ankify présente la même constitution que Nosy Komba, mais les sédiments métamorphisés, très plissés, y sont peut-être plus apparents que dans cette île ; ce sont eux surtout que l'on voit en place sur la côte ; les roches éruptives (monzonites et syénites néphéliniques, etc.) dont les blocs éboulés abondent sur le rivage, ne peuvent être trouvés *in situ* qu'à une altitude d'une soixantaine de mètres. Ils sont traversés par des dykes Nord-Sud de phonolite.

Enfin, entre le massif d'Ankify et l'embouchure du Sambirano, une chaîne de petites collines se remarque, à cause de leur forme en cônes aigus dont l'altitude ne dépasse guère 150 mètres. Ce sont les monts Ambohidravaka (monts du Sambirano). Sous leur couverture boisée, très dense, on retrouve les schistes et les calcaires, traversés par un très grand nombre de petits dykes (berondite, luscladite, gabbro amphibolique, tinguaïte, phonolite (avec brèches), basalte). C'est la reproduction d'Ankify.

Plus au Sud, sur la rive gauche du Sambirano, à Ambaliha, les grès liasiques renferment des dykes (2 à 4 mètres d'épaisseur) d'une syénite un peu néphélinique.

Pour retrouver une région néphélinique, il faut se transporter à l'Ouest d'An-

karamy. A l'Est du village d'Ambaliha, se dresse l'arête du Bekotapo, dont la silhouette ruiniforme contraste avec le profil allongé, arrondi des collines sédimentaires qui se prolongent jusque vers Ankaramy. J'ai traversé cette arête de l'Ouest à l'Est ; sur son flanc occidental, les grès friables et les marnes du Jurassique moyen sont traversés par des filons minces de tinguaïte et de tahitite à mélanite, de basalte, de monchiquite, de camptonite. Le sommet est constitué par une microsyénite néphélinique passant à la phonolite : elle forme des rochers en place qui s'éboulent sur les pentes ; sous l'influence de l'air, ils présentent de curieux phénomènes de corrosion, sillons parallèles, séparés par des crêtes dentelées. Les grès ou les marnes du Jurassique moyen ou le Lias s'observent presque jusqu'au sommet, aussi semble-t-il vraisemblable que la microsyénite constitue seulement au milieu d'eux un large dyke jalonnant la crête orientée Nord-Est-Sud-Ouest de la montagne.

Sur le prolongement de ce massif, mais séparé par une plaine, se trouve l'Ankitsika qui possède la même structure et la même orientation, mais il est plus élevé ; son altitude dépasse 400 mètres. Les microsyénites néphéliniques, les phonolites, etc., qui le constituent traversent les grès blancs et les argiles schisteuses noires du Jurassique moyen. Ce massif se continue, en s'abaissant progressivement, jusqu'au voisinage de l'Ambatotsivikina ; sur le chemin de Bevoay à Kampany, les derniers blocs phonolitiques sont à quelques mètres seulement du gisement de la syénite blanche dont il a été question plus haut, sans qu'il ait été possible d'observer le contact immédiat des deux roches.

Il me reste à décrire le plus intéressant peut-être des massifs syénitiques de la région, celui du Bezavona. Il présente la forme d'un trapèze d'environ 4 kilomètres carrés, compris entre l'Antsahabe au Nord-Ouest et la Berondra au Sud-Est. Le côté Nord, orienté Ouest-Nord-Ouest, est constitué par des éminences atteignant 350 mètres d'altitude et réunissant le chaînon du mont Bezavona, parallèle à l'Antsahabe, au sommet en cône surbaissé d'Andevenanaomby (500 mètres) qui domine la Berondra. Il en part une branche, avec pitons de 250 à 300 mètres d'altitude, qui longe ce petit fleuve.

Le mont Bezavona a 700 mètres d'altitude maximum ; il s'abaisse progressivement jusqu'à 400 mètres et conserve cette hauteur jusqu'à l'arête qui limite au Sud le massif, entre l'Antsahabe et la Berondra ; cette arête présente, à ses deux extrémités deux pitons de 500 mètres, celui d'Antsohanina et celui d'Ampiambesany, près de la Berondra. De nombreux torrents descendent de ces montagnes, ceux du Nord et de l'Ouest de Bezavona et celui d'Antsohanina sont des affluents de l'Antsahabe, ceux d'Andevenanaomby et d'Ampiambesany sont tributaires de la Berondra.

Les sédiments de cette région sont surtout des calcaires et des grès liasiques; ils sont profondément métamorphisés par les trois groupes de roches suivantes :

Le chaînon de Bezavona, l'arête qui le relie au mont Andevenanaomby, celui-ci et son prolongement Sud-Ouest sont constitués par des laurvikites ; elles ne sont traversées par aucun filon ; la nordmarkite se rencontre à l'Ouest du chaînon de Bezavona. Le Sud du massif et en particulier le chaînon Antsohanina-Ampiambesany, une grande partie de la région comprise entre cette dernière montagne et le contrefort Sud-Ouest d'Andevenanaomby sont constitués par des types variés de syénites néphéliniques. Ces roches existent aussi dans la partie Nord du massif, sur la rive gauche de la Berondra, à l'Est de l'Andevenanaomby et à Andranomody sur le flanc occidental du mont Bezavona.

Ces syénites néphéliniques forment de petits massifs, des dykes épais et des filons minces. A l'inverse des syénites alcalines voisines, elles sont souvent riches en enclaves et sont traversées par un cortège nombreux et compliqué de filons minces: bostonites, aplites, microsyénites néphéliniques, tinguaïtes (et en particulier un type variolitique d'obsidienne tinguaïtique), leucitphonolites, monchiquites, camptonites ; toutes ces roches se retrouvent aussi en filons dans les sédiments métamorphisés voisins.

Un type mésocrate que j'appelle *berondrite,* et qui possède un facies de variation porphyrique, est associé à des syénites néphéliniques à hornblende passant à l'essexite, notamment au voisinage et dans le lit même de la Berondra. Enfin, dans le torrent d'Antsohanina et sur les bords de la Berondra, à l'Est d'Andevenanaomby, il me faut signaler d'énormes filons ou de petits massifs d'une structure diabasique.

L'ordre de succession des roches non filoniennes n'est pas facile à établir. Si la berondrite n'est pas un simple facies de variation de la syénite néphélinique, elle est certainement antérieure à celle-ci.

Sur le versant Nord du chaînon oriental du Bezavona, il existe des brèches de campanite, traversées par des filonnets de syénite néphélinique, mais d'autre part, sur les flancs d'un des contreforts Sud-Est du mont Bezavona, se trouve une brèche constituée par des blocs et des débris de pulaskite, réunis par une tinguaïte ; il existe donc certainement des roches néphéliniques postérieures aux syénites dépourvues de néphéline.

Districts des roches basiques alcalines. — Des bords du Jangoa, près du village de ce nom, jusqu'à Ankaramy et sur une longueur d'environ 45 kilomètres, se développe une chaîne gréseuse liasique, atteignant de 4 à 500 mètres d'altitude. Les grès sont surtout à gros grain du côté du Jangoa, à grain plus fin près d'Anka-

ramy. Ils sont criblés de dykes et de filons minces de roches basiques, berondrites, essexites, monzonites néphéliniques, monchiquites, camptonites et accessoirement syénites néphéliniques. Là encore la végétation forestière rend les observations des plus difficiles; ces blocs de roches éruptives, extrêmement abondants dans tous les ruisseaux au voisinage de la chaîne, disparaissent très rapidement quand on s'éloigne de celle-ci. Toutes les fois qu'il est possible de remonter un peu plus haut dans les ravins, on constate l'importance qu'y jouent les sédiments.

C'est des environs même du Jangoa que proviennent les premiers échantillons d'essexite filonienne que j'ai décrits dans mon mémoire de 1902. Ces mêmes roches se rencontrent plus à l'Ouest, jusqu'au delà du méridien d'Ambodimadiro. Près de cette localité, les marnes à *Harpoceras serpentinum* sont traversées par quelques filons minces de diabases et de basaltes amphiboliques.

J'ai exploré la montagne en forme de chaudron située un peu au Sud et dominant le village abandonné d'Andrekareka. De gros dykes ou de petits massifs de berondrite, de mafraite, de monzonite néphélinique, parfois à énormes éléments, sont traversés par des filons minces de syénites néphéliniques. Cette association rappelle celle de Nosy Komba, de même aussi que les modifications de contact subies par les grès. Aux environs de cette montagne a été rencontré un dyke de micromonzonite. Plus à l'Ouest, sur les deux rives du cours inférieur du Joja, il faut signaler des dykes de gabbro à olivine et de basalte et un peu à l'Ouest de la même rivière, des filons d'une obsidienne globulaire, tinguaïtique, semblable à celle du Bezavona, mais rendue presque méconnaissable par altération.

De nombreux gisements intéressants se rencontrent le long de la route d'Ankaramy, plus au Sud. J'ai décrit, d'après des récoltes de M. Villiaume, avec Miharena comme indication de gisement, de nombreux monzonites néphéliniques, monchiquites, camptonites, kersantites et bekinkinites; d'après la nature des roches que j'ai recueillies moi-même en place, je crois pouvoir localiser toutes ces roches entre le premier ravin au Nord de Jojahely, où se trouve une syénite à taches noires essexitiques et le ravin au Nord d'Anjiabory, où les roches amphiboliques, qui abondent entre ces deux localités, disparaissent et sont remplacées par des syénites néphéliniques. Dans les environs du même village et particulièrement dans le lit du ruisseau du Bekinkiny, qui draine les eaux de la montagne du même nom, puis aux environs de Vinanitelo, abondent des filons de roches basiques amphiboliques parmi lesquelles se remarquent les types riches en analcime constituant les *bekinkinites*; ces filons de roches noires sont accompagnés de quelques dykes de roches blanches, à facies bostonitique (microgranites-rhyolites); tous traversent les grès et les calcaires du Lias.

Roches volcaniques. — Dans l'exposé qui précède, je n'ai pas séparé de l'examen des roches syénitiques quelques gisements trachytiques ; en l'absence de données géologiques précises, quand, par exemple, les roches ne s'observent qu'en blocs épars provenant du démantellement sur place d'un corps géologique, l'étude microscopique ne fournit que des résultats indécis et il n'est pas possible de savoir d'une façon certaine si la roche provient d'un dôme superficiel du genre de ceux du Puy-de-Dôme et de la Montagne Pelée ou bien si elle a constitué des filons voisins de la surface. Cette incertitude même n'est pas sans intérêt, en ce qu'elle apporte un commencement de preuve en faveur de l'opinion que j'ai émise plus haut, à savoir que tout le cortège filonien et intrusif de la province d'Ampasindava constitue probablement les racines d'un massif volcanique dont la couverture extérieure épanchée a été partiellement érodée. La même remarque peut être faite pour certaines des phonolites décrites plus haut.

L'îlot d'Ankazoberavina, situé sur le prolongement de la pointe d'Ambavatoby, est constitué par des basaltes riches en zéolites et en nodules siliceux, associés à un trachyte à plagioclase, et ces roches ont été certainement épanchées.

Dans le bassin de l'Ambahatra abondent les filons trachytiques se coupant dans tous les sens. Dans le lit même de la rivière on recueille des blocs d'une brèche basaltique, riche en blocs de roches variées. Pour quelques gisements rhyolitiques, il n'est guère douteux que l'on se trouve en présence d'épanchements : un filon de pechstein vert rencontré dans le Lias, au Sud-Ouest d'Ampasibitika, est accompagné de rhyolites rubanées qui ne sont certainement pas d'origine filonienne. Il en est de même pour les pechsteins, passant à des rhyolites, de Katsary, village situé en amont d'Ambatomenavava, sur la rive gauche du Manongarivo ; cette roche repose sur les calcaires du Jurassique moyen. Il faut aussi citer les rhyolites à structure fluidale de la région de l'Antsatrotro et de la Marofototra (voir page 91).

La difficulté n'existe plus pour les basaltes qui se rencontrent bien quelquefois sous forme de filons, mais qui, le plus souvent, constituent nettement des coulées ; il semble que tous les gisements qui vont être décrits n'aient actuellement que peu de continuité.

M. Perrier de la Bathie m'a signalé des basaltes épanchés sur le Lias, entre les massifs de Bekolosy et du Tsitondroina (Nord de la Marofototra). Tous les affluents de l'Andranomalaza descendant de la chaîne de l'Antsatrotro roulent des blocs de basalte.

Dans la vallée de l'Ankingafohy, affluent de gauche de l'Andranomalaza (aval de Bejofo)[1] et notamment au Sud d'Ambohitsara, il existe de nombreux types

1. Une source chaude bicarbonatée se trouve à Andranomandevy, dans une gorge granitique d'un affluent de gauche de l'Andranomalaza : elle sourd du granite, mais non loin d'une coulée prismée de basalte.

basaltiques dont certains présentent des particularités intéressantes : basalte à biotite (ruisseau d'Antranotsiritra), labradorite à hornblende (mont Manakanala). A l'Est de Bejofo, et au pied de la chaîne cristalline, il existe des basaltes (Ambatomainty) scories bulleuses riches en olivine (Amboditsoha), des labradorites un peu micacées (Ambatomainty), des limburgites porphyriques à augite et biotite (Amboditsoha).

A 3 kilomètres au Nord d'Ankaramy, je signalerai, en filon, la roche basaltique à énormes cristaux porphyriques d'augite verte et d'olivine qui m'a servi de type pour l'*ankaramite*.

Tous les gisements précédents se trouvent sur la limite orientale de la province, au voisinage de gisements analogues dont il sera question plus loin dans l'étude de la bordure de la chaîne cristalline.

Près du bord occidental des terrains sédimentaires, sur la rive gauche de l'Andranomalaza, au Sud de Maromandia, il faut noter, au voisinage des trachytes d'Ampireny, les basaltes à grands phénocristaux d'augite d'Ankerana.

β. **Boina.** — Une très grande région basaltique existe un peu plus à l'Ouest, sur le bord de la mer. Elle constitue la plus grande partie de la presqu'île de Radama et la portion de la presqu'île d'Ankarefo qui lui fait suite, à l'Ouest de la rivière Anjango.

Au Sud de la Loza (Analalava se trouve à l'embouchure de cette sorte de fjord), des labradorites à facies basaltique couvrent une surface elliptique, allongée sensiblement suivant le méridien et voisine du Nord de la baie de Narinda ; elle se prolonge jusqu'à la Sofia sur près de 60 kilomètres. Près du plateau de Manasamody, ces laves forment une falaise à pic qui domine de plus de 400 mètres la plaine irriguée par la Sofia ; partout ailleurs, elle ne constitue plus que des coulées démantelées, reconnaissables aux blocs anguleux qui couvrent le sol : ces coulées se sont épanchées sur les grès cénomaniens, M. Rouquette a pu voir nettement la superposition à Bekofafa, Anjiamangirana et à Ambodimanga, entre Ambodimanga et Andrafialava. Le long de la rivière Ambatomaintikely, se trouve un îlot de Crétacé de près de 8 kilomètres de diamètre (altitude de 150 mètres) entouré de toutes parts par le plateau basaltique (200 à 220 mètres d'altitude).

Je dois à Colcanap une roche volcanique néphélinique à phénocristaux d'augite, qui doit être rapprochée de l'ampasiménite ; elle a été recueillie au Nord d'Antonibe, à l'Ouest de la baie de Narinda. Sa grande altération contraste avec la fraîcheur des laves voisines du Sud d'Analalava ; sa composition la rapproche de celle des roches de la province d'Ampasindava.

A l'extrêmité de la pointe Radama, Nosy Berafia, et, un peu au Sud de la pointe

Marovato Nosy Saba, sont basaltiques, tandis que Nosy Karakajoro renferme un trachyte, en partie daté, puisqu'il repose sur des calcaires aquitaniens ; M. Lemoine y a trouvé aussi [199], mais non en place, un basalte.

Dans ces laves basaltiques du Boina abondent les géodes quartzeuses (quartz hyalin, améthyste, jaspes de diverses couleurs) qui fréquemment jonchent le sol, par suite de l'altération de leur gangue (notamment sur la Mahaferinaina ; au Sud d'Analalava sur le plateau de Manasamody).

C. — Ouest et Sud-Ouest.

De la Sofia à l'Ambongo les laves paraissent présenter une caractéristique lithologique uniforme ; je n'y connais que des coulées basaltiques ; elles sont localisées au milieu des formations crétacées.

α. **Entre la Sofia et la Betsiboka.** — La falaise infracrétacée est constituée par les collines du Bongolava et de l'Ankarafantsika.

Des dykes ne se rencontrent qu'aux environs de la crête de la falaise (Betaramahamay sur le Bongolava ; Andranomandevy, dans l'Ankarafantsika) dont ils ont la direction générale. Des coulées très érodées et très latéritisées ne s'observent que par lambeaux à l'Ouest de ces dykes ; elles ont parfois une centaine de mètres d'épaisseur et ont couvert probablement plus de 1500 kilomètres carrés.

Ces laves sont basaltiques (basaltes et labradorites), souvent amygdaloïdes et riches en géodes quartzeuses et calcédonieuses ; il y existerait (Ankazomihaloka) des minerais de cuivre que je n'ai pas vus. Les coulées reposent sur des argiles rouges à Dinosauriens et sont recouvertes par les grès à Dinosauriens de Maevarano (Sénonien inférieur) ou par les calcaires du Sénonien supérieur ; l'âge crétacé des éruptions n'est donc pas douteux.

Sur la rive gauche de la Betsiboka (plateau d'Antanimena) nous allons retrouver des formations volcaniques de même nature et vraisemblablement contemporaines.

β. **Bordure permotriasique du Bongolava, au Sud de la Betsiboka.** — Avant d'aborder l'examen des nombreuses formations volcaniques qui se trouvent au milieu des assises sédimentaires plus ou moins voisines de la côte, il y a lieu de signaler les nombreux dykes de roches basaltiques de la bordure du Bongolava dans la grande dépression permotriasique. On n'y a pas signalé jusqu'à présent de coulées, soit parce qu'il n'y en a jamais existé, soit plutôt peut-être parce que celles qui ont pu se produire ont été enlevées par les puissantes érosions qui ont entamé cette région gréseuse dominée à l'Est par les falaises archéennes du Bongo-

lava et, à l'Ouest, par les falaises gréseuses du Bemaraha, que couronnent les calcaires jurassiques. A ce point de vue, il faut noter un contraste frappant avec ce qui existe dans la région plus occidentale.

Entre Maevatanana et le col de Kadosy (Est de Kandreo), se voient déjà quelques dykes basaltiques, mais ils sont plus nombreux entre ce col et Ambatomainty sur la Mahakamba, près Ankilahila ; ils sont en général orientés comme le Bongolava, c'est-à-dire à peu près Est-Ouest, mais il y a quelques exceptions, tel par exemple le grand dyke de basalte doléritique d'Antetezambato (Ouest-Sud-Ouest de Kandreo) qui traverse la vallée de la Mahakamba, au lieu de la longer ; ces dykes coupent les schistes cristallins, les grès et les calcaires qui les surmontent. A Ambatomainty, un gros dyke Nord-Ouest de diabase à grands éléments fournit de beaux échantillons de zéolites et de prehnite.

Après Ambaravarananahary, le Bongolava change de direction et se dirige Nord-Ouest-Sud-Est. Il est jalonné par des dykes de semblable direction, qui, suivant leur épaisseur, varient du basalte (ou de la labradorite) à la diabase (Ambohitralika) ; Ouest d'Ambodiriana ; Tsitakabasia ; chemin d'Ankavandra à Miandrivazo (kilomètres 50 ; 61,5 ; 65,83 ; 61,5) (au Nord d'Itondy).

Des dykes semblables se rencontrent à la fois dans les schistes cristallins de la bordure du Bongolava et dans les falaises du Bemaraha et jusque dans les calcaires qui couronnent celles-ci (Tsinjorano).

Dans la région gréseuse, située immédiatement au Sud de Miandrivazo, il ne semble plus exister de dykes basiques, ce n'est que beaucoup plus loin, sur le parallèle de Morondava que l'on en rencontre à nouveau quelques-uns, au voisinage de Malaimbandy (au Nord d'Ankiposy).

7. **Entre la Betsiboka et l'Andranomavo**[1]. — L'immense plateau d'Antanimena (où il y a de la terre rouge), situé entre la Betsiboka et l'Andranomavo et coupé en deux par la Mahavavy, résulte de l'accumulation d'épaisses coulées de basalte superficiellement latéritisées et aujourd'hui fragmentées par l'érosion qui a mis souvent à vif les sédiments sous-jacents. Dans ces coulées, on rencontre, au point de vue lithologique, tous les intermédiaires structurels entre les hyalobasaltes (sur le bord des coulées) jusqu'aux basaltes doléritiques très cristallins, véritables diabases (au centre des coulées très épaisses). Ces basaltes sont souvent vacuolaires, riches en nodules de calcédoine, de quartz fibreux (Anjiakely). On y trouve les plus remarquables gisements de zéolites de l'île [près de Komihevitsy

1. L'Ambongo comprend toute la partie du pays Sakalava comprise entre le Bongolava, la mer, la Betsiboka et le Manambao ; les formations sédimentaires sont divisées en deux bassins par les îlots de schistes cristallins.

(Tamohevitra), sur les bords de la Bekiady, à une douzaine de kilomètres au Sud du lac Kinkony]. Des imprégnations de cuivre natif, avec chrysocole, etc., s'observent dans ces mêmes gisements.

Le ruisseau d'Ambatolafia, près de Beseva, et surtout la Mahavavy, à Zony, permettent de voir des coupes de ces coulées, qui sont probablement en partie intrusives dans les sédiments (rapides de Zony) ; ceux-ci sont albiens et cénomaniens. Au Nord de la Betsiboka, on a vu que les basaltes sont recouverts par le Sénonien, inférieur ou supérieur (calcaires) ; il est vraisemblable que les basaltes de l'Antanimena sont du même âge.

J'ai étudié un très grand nombre d'échantillons provenant de cette région ; en outre de ceux des gisements qui viennent d'être cités et que je dois à M. Perrier de la Bathie, j'ai reçu dès 1898, de Prince, des échantillons provenant de la Bekiady, du confluent de la Kelohely et de la Hopy, de 15 kilomètres et de 50 kilomètres au Sud du lac Kinkony, de la Bebakoly, du lit de l'Amborimihanta, d'Ony, etc. ; les roches basaltiques doléritiques y dominent.

En de nombreux points et notamment entre Belinta et Bekipay, au Sud-Est du lac Kinkony, la décomposition des laves basaltiques met en liberté une quantité énorme de géodes calcédonieuses qui jonchent le sol.

Le massif du Tsitondroina, atteignant 800 mètres d'altitude, se trouve à l'Ouest-Nord-Ouest de Maevatanana, à la limite de l'Infracrétacé, qui y est recouvert par des basaltes. L'âge précis de ceux-ci reste indéterminé en l'absence de sédiments plus récents.

M. Perrier de la Bathie m'a communiqué des échantillons de dykes basaltiques postalbiens ou postcénomaniens [1], se trouvant sur la bordure de la falaise suprajurassique et infracrétacée ; en moyenne, ce sont des basaltes doléritiques passant à des diabases [Madiromanga (à la base de la falaise) ; Kaleko (sur la rive gauche de la Mahavavy, avec probablement une petite coulée) ; Soamare près Ambarimaninga (à une assez grande distance de la falaise) ; Behena (dans les grès verts albiens) ; entre Behena et Ambakaka (basalte compact) ; Manongarivo (sur la rive droite de la Kapiloza], etc.

La région crétacée qui vient d'être étudiée présente un grand intérêt au point de vue volcanique, mais elle est monotone au point de vue lithologique ; jusqu'à présent on n'y a trouvé que des roches basiques ; MM. Baron et Mouneyres ont bien signalé [173] entre Soalala et Analalava (pointe occidentale du lac Kinkony) une vaste étendue (20 kilomètres de l'Est à l'Ouest) formée par ce qu'ils ont appelé une

1. C'est cette région des dykes seulement qui a été traversée par M. Giraud, aussi ses conclusions [195] ne doivent-elles pas être étendues à l'Antanimena.

felsite blanche ; mais l'échantillon donné par eux sous ce nom au Service des Mines à Tananarive n'est pas une roche éruptive ; c'est un grès à grain fin, très compact[1]. Les concrétions de calcédoine abondent dans cette région.

Il existe aussi des gisements volcaniques dans le Jurassique, situé au Sud de la zone précédente. C'est ainsi que des lambeaux de coulées basaltiques très latéritisées se trouvent sur le plateau du Tampoketsa (causse d'Ikavo) et sur l'Ankara ; ces dernières proviennent sans doute en partie du mont Kasoa, qui se trouve vis-à-vis des dykes du Sud-Ouest de Maevatanana dont il a été question plus haut. Au Nord-Ouest de l'îlot cristallophyllien, au Sud de l'Andranomavo et près de celui-ci, la montagne d'Ambohibetratra, située à une vingtaine de kilomètres au Sud d'Andranomavo, est constituée à sa base, par des calcaires veinés de produits siliceux et très disloqués par les intrusions d'un gabbro à olivine, recouvert lui-même par des basaltes (très latéritisés) qui se sont déversés dans toutes les directions. Il est possible que le Kavorondolo, qui a le même aspect, ait aussi la même constitution, mais cette montagne n'a pas été explorée. Toutes ces roches sont postérieures au Bathonien. Deux dykes basaltiques traversent le Callovien. A l'Ouest d'Andranomavo, à l'Est de Vilanandro et au Sud de cette localité (colline d'Ampiketraka), puis à Namoroka, abondent des dykes et des coulées de basalte ophitique, qui traversent ou recouvrent les calcaires bajociens et bathoniens,

La monotonie de composition lithologique de la région basaltique qui vient d'être passée en revue fait place plus au Sud à une constitution minéralogique moins uniforme ; les épanchements basaltiques y sont accompagnés de dykes et de coulées rhyolitiques et l'on trouve en outre des séries de dykes, des massifs intrusifs intéressants dont certains présentent quelques analogies (avec des différences) avec ceux de la région du Nord-Ouest.

δ. **Entre l'Andranomavo et le Ranobe.** — Les sédiments gréseux qui bordent au Nord et à l'Ouest l'éperon cristallophyllien de l'Ambongo, renferment d'assez nombreux gisements volcaniques. Les schistes cristallins sont eux-mêmes traversés par des filons de diabase et d'andésite.

Quelques lambeaux basaltiques seulement ont été observés entre le Manombo et le Sambao.

D'Ambonara sur le Sambao à Amboka, sur la rive méridionale du lac Amparihy,

1. M. Moriguant a bien voulu me recueillir des roches au Nord de la route de Soalala à Majunga (entre Madirobe et Tanandava) ; ce sont des silex d'origine sédimentaire, il ne s'y trouve pas de roches volcaniques.

on ne voit guère que des coulées basaltiques (basalte doléritique) paraissant descendre de l'Ambohitrosy. L'Ambohitrosy ou Ambohibengy (montagne des Chèvres, en sakalave Ambohitsiosy) est un massif mesurant environ 10 kilomètres de l'Est à l'Ouest sur 8 du Nord au Sud. Il a été pour la première fois exploré par Prince [257], puis par M. E. Gautier [191] qui y ont recueilli les granites à aegyrine que j'ai fait connaître en 1900 [127]; depuis lors, il a été revu par Baron et Mouneyres [173], par M. Perrier de la Bathie [206] et enfin par M. J. Giraud [195]. Ces géologues ont bien voulu me communiquer leurs récoltes qui concordent pour montrer la complexité de structure de cette montagne. La plupart de ses sommets multiples sont constitués par des granites à pyroxènes et amphiboles sodiques, analogues à ceux du massif d'Antsatrotro; exceptionnellement (Est du massif) par des monzonites.

Il existe aussi des roches basiques : gabbro à olivine (dans la partie Nord) qui envoie des apophyses dans les grès et diabases (sur le flanc occidental, du côté du Sambao); M. Giraud les regarde comme postérieurs au granite. Au Sud-Est du massif, des coulées d'andésite augitique recouvrent le granite et le gabbro à olivine (passage de l'Andrafiamadinika). M. Giraud a rencontré à l'Est de l'Ambohitrosy un petit massif de gabbro à olivine entre la rivière Bebakoly et le village de Sahondra et plus au Nord, à l'entrée de la forêt de Tsitanandro, des filons d'andésite.

Les coulées basiques qui descendent de l'Ambohitrosy vers le Nord sont riches en nodules de calcédoine verte et en zéolites; elles renferment parfois des mouches de cuivre natif.

Les granites et les autres roches éruptives traversent, dans la partie Sud du massif, les grès infraliasiques ou liasiques, au Nord-Est (M. Giraud) les calcaires bruns à Foraminifères du Lias supérieur; comme pour les roches éruptives du Nord-Ouest de l'île, on peut donc dire que celles de l'Ambongo sont post-liasiques; mais on ne peut dire que cela.

M. Perrier de la Bathie a rencontré entre le Maningoza et Ampoza sur le Ranobe de grandes coulées basaltiques épanchées sur les calcaires liasiques et surmontées par des coulées de rhyolites (notamment près de la rivière d'Ambalabao); elles proviennent probablement du massif, non encore exploré, du Betandroka. Il faut signaler aussi des dykes de rhyolite à Tongobory (dans le calcaire liasique?) sur la Masay (affluent de droite du Maningoza), au Nord de Besalampy; c'est, dans cette région, le gisement volcanique le plus rapproché de la mer.

Des dykes de basalte traversent les grès entre Ambalarano et la rivière Tsibidy. Ce sont encore des basaltes, des labradorites et des rhyolites, qui s'observent en coulées sur la même formation; il en est de même entre Andranotakatra et le Ranobe.

Dans la direction de Bekodoka, à Morafenobe, M. Giraud a rencontré dans les gneiss de l'Ambongo, des dykes de diabase, puis plus au Sud, au voisinage du Ranobe, dans les grès, des dykes de diabase à olivine et de trachytes quartzifères passant aux syénites.

ε. **Entre le Ranobe et le Manambao** (*Mahilaka*). — A la montagne d'Antsedoha, sur la rive gauche du Ranobe, en amont de Berevo, des coulées de rhyolite recouvrent les grès du Secondaire (Jurassique supérieur ou Crétacé) non loin de la limite des grès liasiques. Entre ce point et la rive gauche du Manambao, près Betaboara, les basaltes abondent; ils recouvrent le Crétacé et sont riches en nodules de calcédoine.

Plus à l'Est, les gisements éruptifs qui vont être passés en revue se trouvent dans la zone gréseuse liasique-triasique; le principal est constitué par le massif du Fonjay, dont j'ai signalé depuis longtemps la roche spéciale, une allivalite, d'après les récoltes de M. E. Gautier. Depuis lors, cette montagne a été étudiée par les mêmes géologues que l'Ambohitrosy. Son substratum est constitué par des grès et des schistes à plantes fossiles (Équisétacées); il est lardé de dykes (diabases, labradorites, andésites, basaltes, rhyolites, microgranites) qui paraissent se diriger dans tous les sens. M. Giraud considère le Fonjay comme un laccolite en partie décapé; sur son flanc oriental, en effet, il a observé des lambeaux gréseux de couverture.

Un gabbro micacé constitue la portion orientale de la montagne; il est traversé par des filons de labradorite, de divers types de gabbros et par un filonnet ($0^{m},10$) d'un granite alcalin. Une allivalite blanche, tachetée de jaune, forme la crête Sud, le sommet (745 mètres) et l'éperon Nord de la montagne; du côté Sud, elle passe à un gabbro à olivine de même aspect et du côté Nord à un gabbro de couleur foncée. Sur le contrefort Nord-Nord-Ouest, abondent des diabases. Il serait fort intéressant d'étudier en détail les contacts de ce massif éruptif et des sédiments, car, dans la collection de M. Perrier de la Bathie, j'ai trouvé des quartzites métamorphiques à pyroxène et d'autres, très micacés, qui sont fort différents des grès intacts de la base de la montagne.

De nombreux dykes et sills de labradorites et de basaltes traversent les sédiments du Fonjay, jusqu'au Manambao, dans le lit même duquel se trouve un dyke de 10 mètres d'épaisseur à délit prismatique. Du côté du Sud-Est, entre le Fonjay et Morafenobe (rive gauche du fleuve), des dykes des mêmes roches se rencontrent, ainsi que de rhyolites, de microgranites à structure micropegmatique (Andriabe) et d'andésites augitiques.

Des dykes de rhyolite encore ont été observés vers Bekinana, à une douzaine

de kilomètres à l'Ouest du Fonjay, et, à l'Est de cette montagne, au pied du versant oriental du Tsimitaratra, enfin sur la rive droite du Manambao à Bemoka.

Au Nord-Ouest du Fonjay, notamment entre Ampoza et Bekinana, sur 5 à 6 kilomètres, abondent des blocs de quartz calcédonieux, à structure pisolitique, que je considère comme une formation de source thermale (Voir tome II, à *Sources thermales*). Ils ont été signalés déjà par Baron et Mouneyres sous le nom impropre de geysérite.

η. **Entre le Manambao et le Manambolo** (*Menabe*). — La zone crétacée a été traversée autrefois par M. E. Gautier, par Baron et Mouneyres; mais j'ai été surtout documenté sur elle par M. Perrier de la Bathie. D'après ce dernier, les laves basaltiques, avec quelques rhyolites, y couvrent plus de 4 000 kilomètres carrés. Les grands centres d'épanchement se trouveraient sur la falaise infracrétacée (Ampasimena) ; les coulées se sont épanchées du côté de l'Ouest vers la mer. Au point de vue chronologique, on peut seulement affirmer qu'elles sont post-albiennes. Les basaltes forment des coulées très épaisses, souvent amygdalaires et alors riches en géodes de calcédoine; j'ai étudié des types doléritiques provenant de Betaboara et d'entre Tsimboraka et le Manomba.

Les collines d'Antrakotrako, à quelques kilomètres au Sud de Betaboara, renferment une coulée basaltique recouverte par des grès que surmonte une autre coulée de basalte, sur laquelle repose une rhyolite pierreuse dont la base est constituée par un pechstein noir.

Une remarquable dacite à cordiérite (filon) a été rencontrée à 10 kilomètres au Sud du Mangomba, à l'Est-Nord-Est de Maintirano; au Sud de cette dernière localité, des coulées basaltiques arrivent jusqu'au voisinage de la mer, entre le Demoka et la Reraka, affluent de droite du Fanatera. Plus à l'Est, de nombreux dykes de labradorite se trouvent dans la falaise jurassique-infracrétacée et notamment entre Bepia (Ouest du confluent du Bemarivo et du Manambao) et Antsalova; à Tsingikely (rive gauche de la Tsiazohena, affluent de droite du Soahanina).

Des gisements éruptifs importants sont à signaler près de la limite du Jurassique et du Trias, à l'extrémité septentrionale du Bemahara. Au Sud-Sud-Ouest du Fonjay, entre le Manambao et le Bepia se dresse la crête (Nord-Sud) du Kizamahatako (300 mètres), boisée et très rocailleuse; elle est constituée par un microgranite, forme intrusive apparentée aux rhyolites des gisements suivants. Au Nord-Est, une diabase traverse les grès triasiques. Entre le Kizamahatako et le mont Ambohipisaka, situé sur son prolongement Sud-Est, s'observent dans les

grès triasiques, surmontés par des calcaires jurassiques, quelques dykes de basalte et surtout des coulées et des dykes de rhyolite ; l'un de ces dykes (Nord-Est) est dirigé vers le Fonjay ; les autres, plus puissants (100 mètres), vers l'Ambohipisaka. Au Sud-Ouest de cette montagne, ces mêmes roches couvrent de vastes étendues ; elles semblent intrusives dans le Jurassique, localement recouvert par des coulées de labradorite. L'Ambohipisaka, très abrupt du côté Sud, est constitué par un microgranite à gros sphérolites feldspathiques.

Au Sud-Est, la zone gréseuse triasique — dans laquelle sont faites des recherches pour le pétrole — renferme de nombreux dykes de diabase et de diverses roches, dykes signalés par tous ceux qui ont parcouru cette région. Les échantillons que j'ai étudiés proviennent des récoltes de Baron, de MM. Mouneyres, Gautier, Giraud, Perrier de la Bathie : chutes du Manambao à Ambalarano (labradorite) ; avant Ambalarano, sur la route de Morafenobe (microgranite); gué du Manambao sur route de Tambohorano (pechstein rouge et vert) ; Ambohibe au Sud de Bemoka, mais sur la rive gauche du Manambao (rhyolite) ; Morafenobe ; rivière Sakasarotra, Tsinjorano ; Beravina, mont Ankazomena ; Folaka ; rivière Akondromena ; Ankisany ; Soaloka ; dans tous ces derniers gisements, les filons sont constitués par des diabases ou des labradorites.

Les grès sont, çà et là, traversés par des suintements de bitume ; ils renferment en abondance d'énormes troncs de bois silicifié.

θ. **Entre le Manambolo et la Tsiribihina.** — Cette région contraste avec la précédente par la rareté des roches éruptives. M. Perrier de la Bathie ne m'a signalé qu'un seul filon épais (10 mètres) de basalte, sur le Kolikoly, affluent de droite de la Tsiribihina, dans les calcaires jurassiques, au voisinage de l'Infracrétacé.

λ. **Entre la Tsiribihina et le Mangoky.** — Cette région paraît renfermer peu de roches volcaniques ; celles des gisements qui vont être étudiés consistent en labradorites à structure diabasique, pauvres en olivine. A 6 kilomètres environ d'Antsoa, sur la route de Berevo, une coulée riche en grands phénocristaux de bytownite recouvre les grès du Crétacé supérieur ; la même lave se rencontre plus au Sud, sur l'Ankilizato et un peu avant Tsiandava, sur le Morondava ; trois dykes de labradorite doléritique de 4 à 6 mètres de puissance traversent le Jurassique supérieur (près la limite du Crétacé) sur le Morondava, près du Fanika et sur son affluent de droite, la Maroalika.

μ. **Entre le Mangoky et l'Onilahy.** — Toujours au faîte de la falaise crétacée, il existe des dykes volcaniques qui lui sont parallèles et sont accompagnés de

lambeaux de coulées se dirigeant en général vers la mer ; ces coulées sont très morcelées par l'érosion et riches en concrétions siliceuses ; elles paraissent contenir quelques mouches cuivreuses. J'ai examiné de très nombreux échantillons de cette région qui a été parcourue par Geay en 1905. Ce sont des labradorites augitiques compactes, à facies basaltique, généralement dépourvues de phénocristaux et renfermant un peu de péridot microlitique, en même temps que de la silice libre virtuelle. Des variations assez grandes ne portent que sur le degré de cristallinité.

Voici les points dont j'ai étudié les laves : dans la vallée de la Sakanavaka (affluent de gauche du Mangoky) ; plateau d'Ankazoabo jusqu'à 10 kilomètres Sud-Est du village ; puis au Sud-Ouest le mont Menamana (ruisseau d'Ambatomainty). Dans le bassin du Fiherenana : le plateau de Kelimahetsaka et le mont Analavelona (région de Mikoboko) et les rivières qui en descendent ; l'Ilona et l'Iambia (affluent de cette rivière, elle-même affluent de droite du Fiherenana), puis vallées de la Vineta et de l'Andrianomby, affluents de gauche du même fleuve ; vallée de l'Andranohetsa près de son confluent avec le Fiherenana.

Tout à fait différente, au point de vue chimique et aussi au point de vue de l'âge, est une limburgite qui constitue de petites buttes de 50 à 100 mètres de hauteur entre le Mangoky et le Manombo dans la plaine sableuse de Betioky, comprise entre les sédiments calcaires éocènes à l'Est et des calcaires plus récents à l'Ouest ; cette lave est comparable à celles de la Sakamena et de Bekily qui sont signalées plus loin ; elle a la fraîcheur d'une roche moderne.

Sur la ligne de partage des eaux des bassins du Fiherenana et de la Sakondry il existe de nombreux dykes de labradorite, lave reconnue aussi en de nombreux autres points : rive droite de la vallée de la Sakondry ; Bekinana ; pied de la falaise de l'Andrambo jusqu'à l'Ouest de Belamoty : Tanilehy, Tongobory, au confluent de la rivière et de l'Onilahy ; en amont de ce village, entre la Teheza et la Sakamalio, affluents de droite de l'Onilahy.

Dans cette région, à Ranomafana, un peu en aval du confluent de la Teheza, se trouve une source sulfureuse à $+ 50^\circ$ C.

En aval de Tongobory, sur les deux rives de l'Onilahy, et notamment à Analalava, des coulées basaltiques (de 20 mètres d'épaisseur) sont localement recouvertes par les calcaires sénoniens : des galets de basalte existent dans le conglomérat servant de base à ce sédiment, ces coulées sont donc datées (Perrier de la Bathie). Cette lave est une labradorite à éléments fins ; elle est décomposée sur une épaisseur de $0^m,60$; au-dessous, la roche intacte se débite en parallélipipèdes, séparés les uns des autres par des veines de calcite secondaire. En aval de cette

région, des filons et des coulées démantelées se rencontrent jusqu'à Ifanato. M. Giraud a recueilli aussi une notion d'âge [195], il a vu à Tanilehy la labradorite intercalée entre les grès bruns du Crétacé supérieur et le calcaire jaune qui constitue le sommet du plateau ; un dyke s'observe à l'Ouest du village. Le même géologue a signalé dans les calcaires des pépérites[1] qu'il compare à celles de la Limagne.

Geay a rapporté de diverses localités et particulièrement du plateau d'Ankazoabo et du lit des affluents de droite de la Sakanavaka des tufs calcaires, blancs, renfermant de nombreux galets de basalte ; ils sont d'âge très récent et reposent sur les sables meubles actuels.

ν. **Sud de l'Onilahy.** — Quelques gisements basaltiques sont signalés sur la rive gauche de la Menarandroy (affluent de gauche de l'Onilahy), notamment près de Lagniro. Ils se trouvent dans les mêmes conditions que les labradorites précédentes, sur le bord de la faille limitant le Crétacé. Il faut certainement rapprocher de la même série les quelques pointements basaltiques rencontrés sur les schistes cristallins des environs d'Ampanihy, au voisinage immédiat de la région sédimentaire (voir page 133).

J'ai examiné un échantillon d'ankaratrite à facies très récent, riche en enclaves de nodules à olivine recueilli dans un filon traversant les grès (triasiques?) de la Sakamena.

C. — *Intrusions et volcans du Massif cristallin.*

a. — Massif septentrional.

α. **Haute Loky.** — M. Bordeaux a signalé un dyke de rhyolite (4 mètres de puissance) dans les schistes cristallins d'Antanantanana, près des sources de la Loky ; cette roche est à comparer à celle dn mont Amboronarivo et appartient à la même série (voir page 83).

β. **Bassin de la Haute Mananjeby.** — Au Sud de la région d'Andavakoera, les gneiss ne renferment que des dykes de basalte, plus ou moins diabasiques, orientés Nord-Est et se dirigeant vers l'Antsiatsia ; en amont d'Ambakirano, la

1. Il est à remarquer l'extrême rareté des tufs volcaniques dans la région occidentale de l'île, soit qu'il n'en existe plus, soit, ce qui est plus vraisemblable, que l'attention des explorateurs n'ait pas été fixée sur eux.

Mananjeby roule des blocs de labradorite et d'andésite augitique (Sakazera) et des basaltes doléritiques (Belomotra).

γ. **Ligne de partage des eaux de la Mahavavy et du Sambirano.** — ***Bassin du Haut Sambirano.*** — Dans la Haute Mahavavy, il faut signaler de nombreux centres intrusifs ou volcaniques dont l'étude est à peine ébauchée, mais sur lesquels je puis donner quelques indications grâce aux récoltes de MM. Lemoine et Perrier de la Bathie.

M. Lemoine a signalé [199] près d'Ambodisaina, au Sud de Manambato, des filons de syénites à hornblende, de camptonites et de basaltes ; il m'a remis un trachyte alcalin (en partie transformé en argile colloïde) recueilli au Nord-Ouest de la Mahavavy, entre Beranomaso et Ankitokazo.

Je dois à M. Perrier de la Bathie une limburgite, certainement filonienne, à énormes phénocristaux de hornblende, provenant d'Antsahavony sur le Manambato. A hauteur du Marotanga, la Mahavavy roule des galets de trachyte à aegyrine. Enfin, le mont Tsaratanana, point culminant de l'île (2 868 mètres) a une base gneissique, coiffée par un dôme de trachyte phonolitique. M. Perrier de la Bathie m'a communiqué des échantillons de la même roche, recueillis au Sud-Ouest de cette montagne (coulées démantelées?) sur les gneiss et les granites. Ce trachyte se rencontre au-dessus de l'altitude de 1 200 mètres, sur tous les sommets compris entre la Sahamalona et la Beangonana, affluents de gauche du Sambirano. D'après la description que m'en a donnée ce savant, les affleurements de cette roche présentent le genre de corrosion signalé plus haut dans les phonolites du Bekotapo. Le même trachyte, provenant sans doute des gisements précédents, abonde en blocs roulés dans le lit des deux rivières précitées et particulièrement au Sud d'Ampanompia. Des filons de basalte existent dans les gneiss du Haut Sambirano, au voisinage du Tsaratanana ; il faut aussi signaler dans les mêmes conditions des filons d'un trachyte pauvre en phénocristaux (biotite, hornblende, augite, orthose et plagioclases), notamment entre Sahamalona et Beangonana.

Il me reste à citer dans la vallée du Sambirano de nombreuses sources thermales bicarbonatées (voir tome II, le chapitre spécial) sortant des roches anciennes, mais à proximité des centres volcaniques ; elles sont très certainement en relation avec ceux-ci.

γ. — **Ligne de partage des eaux du Sambirano et du Maevarano.** — ***Bassin du Haut Maevarano (Ankaizina).*** — M. Rouquette m'a fourni des renseignements sur un intinéraire de Marotaolana (Haut Sambirano) et Mangindrano et sur les

autres gisements signalés dans ce paragraphe. A l'Est de Beangonana, aux altitudes élevées, se retrouve le trachyte dont il vient d'être question ; l'arête séparant les bassins de ces deux rivières est gneissique sur le flanc Sambirano, mais les crêtes et le versant oriental vers Ambodinonoka et Mangindrano sont volcaniques (basaltes et trachytes).

Entre Antombomay, Maroamalona, Ampanompia et le massif de l'Ambondro (2 269 mètres) qui se développe au Sud, se trouvent de nombreux dykes et des coulées trachytiques : notamment au Bemaintibe et au Bemaintikely (à l'Ouest de Mangindrano), d'où semblent partir des coulées descendant jusqu'à Ambahivavy, Ambendrana, Matsaborimadio, Ambalatany, Ambodinonoka. Elles ont même envahi la cuvette lacustre de Mangindrano et se retrouvent jusqu'à Berotra. Ce centre volcanique important renferme surtout des trachytes phonolitiques (avec ou sans néphéline), des trachytes à biotite, accompagnés de tufs, des mugéarites et quelques basaltes.

Une chaîne Nord-Sud forme, dans l'Ankaizina, la limite orientale de la province d'Analalava ; elle est gneissique et couronnée par des roches volcaniques ; elle a été explorée entre Anjozoromandoza et Ankazotokana (de la Manampatra) et, plus au Sud, entre Marotaolana (sur le Sofia) et Anamboria (à l'Est). En amont d'Analila, d'Ambovonomby, d'Anesika, au pied occidental de cette chaîne, abondent de larges filons volcaniques. Entre Ambalalongo et Anesika, des coulées descendent jusqu'à la route ; ce sont des basaltes et des roches claires que je n'ai pas eus en main.

Quelques filons basaltiques s'observent au Sud de l'Ambohivavy dans la chaîne gneissique de partage des eaux du Maevarano et de son affluent de droite, la Bealanana. Dans le voisinage du village de Bealanana même, des basaltes prennent un grand développement et se prolongent en aval, le long de la rivière du même nom, jusqu'à son confluent avec son affluent de droite, la Beandrarezona, et sur la rive droite de cette rivière. Ces basaltes proviennent d'un centre éruptif, situé entre Amberivery et les sources de la Sandrakotohely ; leurs couléee se sont épanchées dans les vallées de l'Ambatomainty (plateau boisé de Bemanevika) et de l'Amberivery pour venir jusqu'à Ambalatsiraka et Ambodisatrana. Du côté de l'Ouest, elles ont suivi pendant une dizaine de kilomètres le lit de la Sandrakotohely, dans lequel elles forment des colonnades de 150 mètres de hauteur. L'intérêt de ces basaltes, superficiellement bulleux et parfois même presque scoriacés, est qu'ils se sont écoulés dans le fond des vallées actuelles et qu'ils sont par suite très récents ; ils ont même barré des rivières et ont ainsi déterminé le colmatage des hautes vallées (cuvette de Bealanana en particulier).

Il existe des basaltes sur la rive droite du Maevarano, entre Ambohivavy et

Ambalatany ; sur sa rive gauche, à Ambodivohitra (Sud-Ouest de Bealanana) ; puis en aval, aux alentours d'Ambodisatranabe (rive droite, sur la route de Bealanana à Befotaka).

Sur la lisière des schistes cristallins, beaucoup plus au Nord-Ouest, les basaltes d'Antranovato se raccordent avec ceux de Bejofo (voir page 97), situés dans la formation sédimentaire.

Je dois à Colcanap des échantillons, recueillis non en place, qui indiquent l'existence dans cette même région gneissique de roches néphéliniques grenues, semblables à celles de la région sédimentaire. Il a trouvé en effet des essexites, des berondrites et des luscladites dans le Sandrakoto, au gué du chemin de Bejofo à Bealanana et aussi à son confluent avec la Sandrakotohely. A quelque quarante kilomètres au Sud-Ouest, à Andengidroa près Irony, au milieu des gneiss, mais près de la limite des sédiments, il existe un dyke de luscladite ; c'est le plus méridional des gisements actuellement connus des roches de la série d'Ampasindava.

Enfin, M. Rouquette m'a signalé qu'au Nord de la route d'Antsohihy à Befandriana, c'est-à-dire au Sud des gisements précédents, de hautes falaises granitiques sont traversées par de nombreux et énormes dykes de basalte (pic Lohanimboana et Ambohitsitondroina) dont je n'ai pas vu d'échantillons.

δ. **Ligne de partage des eaux de la Mahavavy et des fleuves de l'Est.** — Une chaîne gneissique jalonne vers l'Est le cours (Nord-Sud) de la Haute Mahavavy et fait pendant au massif du Tsaratanana ; je n'ai pu étudier aucune roche de cette région, mais M. Lemoine a signalé [199] à son pied dans le bassin du fleuve l'existence de pics aigus syénitiques (ou trachytiques ?) (Zarandalahy, Zarandavavy, Ambatovaky, etc.) ; ils reposent sur un socle gneissique. Cette chaîne se soude par l'Ambinanitelo aux contreforts méridionaux (Sud-Est) du Tsaratanana ; dans cette région montagneuse (quartzites et cipolins), où prennent naissance la Mahavavy, le Maevarano, l'Andraronga (affluent du Bemarivo), M. Perrier de la Bathie a recueilli les quelques roches volcaniques que j'ai pu étudier, notamment aux sources de l'Antsonjo (au Nord d'Ambalamotraka) et près d'Antolongo (sources du Maevarano). Ces laves n'ont pas été observées au-dessous de l'altitude de 1 000 mètres ; parmi elles, il faut en particulier signaler des trachytes alcalins dépourvus de phénocristaux macroscopiques.

Dans le haut Bemarivo, il existe quelques dykes de grorudite, de trachyte à aegyrine et de luscladite (Antsiatsia), puis des laves basaltiques : Ambarijeby, Antsiatsia (basaltes), Antanambao (labradorite).

Dans le haut Andraronga, abondent des blocs de trachytes alcalins (avec ou sans aegyrine) qui n'ont pas encore été rencontrés en place.

ε. **Ligne de partage des eaux du Manampatra et de la Sofia.** — La partie de la chaîne située plus au Sud, entre l'Ambinanitelo et Antsakabary (sur la haute Sofia), n'a été traversée que par M. Rouquette qui a cru y voir des pitons volcaniques ; ils n'ont pu être échantillonnés. Mais un peu au Nord-Est d'Antsakabary, le même explorateur m'a signalé une remarquable région, limitée par le Manampatra (haut cours de l'Antaimbalala) et son affluent de gauche l'Amparihy ; elle est caractérisée par de nombreux pitons phonolitiques et quelques basaltes, surtout abondants dans les montagnes qui dominent à l'Est et à l'Ouest de l'Antsahamalandy, affluent de gauche du Manampatra.

Ces pitons, aux sommets aigus, qui rompent l'harmonie des douces ondulations du plateau gneissique latéritisé, sont comme posés sur celui-ci ; leur description me fait penser aux dômes trachytiques du Sud de l'Ankaratra avec des formes plus pointues ; les uns sont de petite taille (Ambohimirahavavy, Ambatobe, Andengitra (150 à 200 mètres au-dessus du plateau), Andravy (100 mètres), Tsiroana (50 mètres) ; les autres sont de plus grandes dimensions et alors fichés, soit sur les crêtes (Ambohimarira, Maherivaratra), soit sur le flanc des montagnes (Ambohibory, Ambatomitondra). La disposition de ces dômes, jalonnant sans doute des cassures Nord-Sud, rappelle aussi celle de la Chaîne des Puys en Auvergne.

Dans toute la région située plus au Sud, M. Rouquette n'a rencontré que des gneiss latéritisés.

La caractéristique pétrographique de cette région consiste dans l'abondance de la néphéline dans les phonolites, les unes très pauvres en minéraux colorés, les autres riches en hornblende et plagioclases, qui présentent les unes et les autres la particularité d'être souvent riches en haüyne (microscopique) ; il existe aussi une syénite plagioclasique à haüyne (entre Amparihy et Belalona). Les quelques basaltes que j'ai examinés (Ambohimirahavavy) sont très calcifiés.

η. **Haute Sofia.** — Au Sud-Sud-Est d'Antsakabary, au mont Andilambe, sur la ligne de faîte d'où la Jabala descend vers la Sofia, il existe quelques basaltes et diabases très calcifiés.

La Sofia roule en aval d'Antsakabary, notamment à Makobo, des galets de roches basaltiques. Ce sont, soit des basaltes d'un type banal (très calcifiés), soit une roche spéciale à hypersthène, comparable à la boninite du Japon.

M. Rouquette m'a envoyé des échantillons recueillis sur la rive droite de la Sofia à Ankobakoba (Sud-Est de Befandriana), au milieu des granites. Ils comprennent un gabbro (à olivine et à biotite) très mélanocrate, accompagné d'un microgabbro à biotite. Par analogie avec des roches similaires d'Ambatofotsy,

qui se trouvent dans le Lias, on peut se demander si ces gabbros, très frais, ne sont pas des types intrusifs appartenant à la même série géologique que les laves précédentes : mais il est possible aussi qu'ils soient d'âge ancien.

b. — Hauts Plateaux et leurs abords.

α. **Les abords.** — *Bordures septentrionale et occidentale.* — Sur le cours moyen du Bemarivo, au Nord du confluent avec le Marijao, des coulées de basalte recouvrent le gneiss sur le plateau de l'Analamaitso ; dans la cuvette de Lanihay M. Perrier de la Bathie a vu l'une d'elles intercalée dans des alluvions récentes.

Des coulées basaltiques se rencontrent aussi sur le plateau d'Amberomay, entre le Bemarivo et la Mahajamba, notamment aux sources du Kimangoro et du Maropapango.

A l'Est-Sud-Est de Maevatanana et à l'Est de l'Isonko, se trouvent les montagnes basaltiques de Namakia et d'Antongodrahoja. Baron a dépeint cette dernière [109], comme constituée par un double cratère de très grande dimension. De sa description et de l'étude de ses roches assez altérées et extrêmement riches en grosses géodes siliceuses, il me semble possible de conclure que cette interprétation n'est pas exacte et qu'il s'agit en réalité d'anciennes coulées basaltiques, profondément sculptées par l'érosion. Colcanap a indiqué sur sa carte du cercle de Maevatanana [181] deux pointements basaltiques dont je n'ai pas vu les roches, l'un à Matsitso à l'Est du confluent de la Manasomby et de la Mahajamba, l'autre, plus en amont, au Nord-Nord-Est du Mahabe.

Pays Antsihanaka. — Baron a cité, sans description [109], trois gisements volcaniques dans l'Antsihanaka: Amparafaravola, à l'Ouest du lac Alaotra — la lave de cette localité a été décrite plus tard par M. Prior [166] sous le nom de melilit-basalte ; mont Ambongobe, au Sud-Est d'Ambatondrazaka (limburgite) et Ankaitombo, à l'Est du lac (basalte).

J'ai fait en filanjana le long voyage de Tananarive au lac Alaotra pour étudier Amparafaravola ; le village est adossé à une butte qui, de loin, lorsqu'on vient du Sud, semble constituée par de grandes colonnades de roche volcanique, mais est, en réalité, de nature gneissique. Elle est couronnée par un plateau horizontal, formé par une coulée très démantelée d'ankaratrite, en partie transformée en terre jaune, au milieu de laquelle se voient des blocs remarquablement frais de lave noire. Cette coulée s'est épanchée sur le gneiss, avec lequel on la voit en contact sur le flanc Nord et Nord-Ouest de la colline ; les deux roches sont quelquefois séparées par des lambeaux d'argile à grains de quartz. Sur le flanc Est, il existe des tufs de projection, stratifiés, dont la présence indique la position du

centre éruptif. Cette coulée est antérieure au creusement des vallées. La lave d'Amparafaravola est hétérogène au point de vue lithologique; le type moyen est néphélinique, une variété à mélilite, plus compacte, en constitue un accident minéralogique.

Prétendu volcan d'Ambohidratrimo. — Baron a signalé [109] sur la lisière de la forêt de l'Est, dans la région gneissique d'Ambohidratrimo (Nord-Nord-Est de Manjakandriana), l'existence de petits cratères d'explosion, circulaires ou elliptiques, n'ayant guère plus de cent mètres de diamètre et de 9 à 10 mètres de profondeur. A leur voisinage, il n'a pas vu de laves, mais seulement des scories et des lapilli. Je n'ai pas visité ce gisement, mais le Dr Fontoynont a bien voulu faire recueillir pour moi des échantillons de ces prétendues scories; elles ont en moyenne la grosseur d'une noix, mais sont parfois plus grosses, noires ou scoriacées dans la cassure, elles sont souvent jaunies à l'extérieur. Traitées par HCl, elles se dissolvent en partie, avec dégagement de chlore, en laissant un résidu de grains de quartz. Il s'agit donc là de concrétions de psilomélane dans du sable gneissique latéritisé et non point de produits volcaniques. Les cavités décrites par Baron sont le résultat d'une forme particulière d'érosion et il n'existe pas de volcan d'Ambohidratrimo.

β. **Hauts Plateaux.** — *Valalafotsy.* — Je dois à M. Mouneyres un échantillon d'une roche basaltique, recueillie à 12 kilomètres de Fenoarivo. C'est une néphélinite se distinguant de l'ankaratrite par sa pauvreté en olivine. Il y aurait un grand intérêt à étudier cette région et à voir si le centre volcanique n'est pas raccordé par d'autres au massif suivant, situé plus au Sud.

Massif de l'Itasy. — Cet important massif volcanique se trouve à l'Ouest du lac Itasy; je l'ai étudié en détail [136]. Il mesure environ 30 kilomètres du Nord au Sud, du marais d'Ifanja jusqu'aux environs de Masindray (Sud de Soavinandriana) (fig. 6); sa plus grande largeur est d'une douzaine de kilomètres. Les appareils volcaniques, souvent isolés les uns des autres, sont comme posés sur un substratum de gneiss et de granite; ils sont mélangés à des éminences gneissiques ou granitiques de même hauteur, formant parfois, elles aussi, des montagnes isolées, alors que dans d'autres cas, les volcans leur sont adossés. Il existe deux catégories d'appareils, des *puys*, creusés d'un cratère et généralement accompagnés de coulées et des *dômes* qui, à l'exception d'un seul, sont dépourvus de cratère et de coulée. Cet ensemble rappelle la chaîne des Puys de notre Auvergne.

Toutes les variétés morphologiques des cônes de scories sont représentées dans l'Itasy: cônes parfaitement réguliers à cratère profond (Kasige), cônes égueulés (particulièrement du côté du Sud-Est), cônes emboîtés (Nord d'Ankidona); ils

accompagnent les dômes au voisinage du lac et partout ailleurs ils existent seuls. Ils sont constitués par des roches à facies basaltique. Les types dominants sont des basanitoïdes et des limburgites. Je citerai parmi les gisements que j'ai étudiés sur place : le Sud du marais d'Ifanja, le cône d'Amboditaimamo avec sa cheire ; les grandes cheires de la rive droite du Mazy, entre cette rivière, Ngiloby et Mahatsinjo ; la coulée des chutes du Mazy ; la vallée d'Ankidona jusqu'au Sud de Soavinandriana ; les cônes d'Ambohitrondry, celui d'Ambohimahalala, avec sa grande cheire à surface scoriacée si remarquablement fraîche, et couverte de petits cônes de lave ; enfin les cônes isolés du Nord de Masindray. Il faut signaler aussi un type pétrographique spécial, riche en haüyne, comparable aux *ordanchites* du Mont-Dore : cône du Kasige avec ses accumulations de cendres noires et sa grande coulée qui a produit le lac de barrage d'Efisto ; Ambohitrakoholahy, au Sud du Beteheza et Ankoraka, à l'Est de l'Ambohibe.

Les débris du sous-sol gneissique, intacts ou plus ou moins fondus, abondent parmi les produits de projection de ces puys ; ils sont souvent très abondants dans les laves elles-mêmes à l'état de petites enclaves en partie résorbées ; les fragments de quartz y sont parfois en si grand nombre qu'ils simulent des phénocristaux (notamment sur le sentier allant de Soavinandriana au Kasige). De beaux cristaux isolés d'augite et de hornblende basaltique peuvent être recueillis dans les scories et en particulier dans celles des puys des environs de Soavinandriana.

Les dômes sont localisés dans la partie orientale du massif et groupés en deux traînées. La première, au Nord-Ouest du lac, jalonne une fente Nord-Nord-Est ; elle comprend des édifices très ruinés au Nord du Mazy, puis sur la rive gauche de cette rivière, le Ngilofotsy, le Beteheza et l'Andranonatoa. La seconde, plus importante, est constituée par des dômes, orientés suivant des cassures parallèles, Nord-Sud ; ce sont l'Angavo (du côté du Nord, ce dôme est creusé de sillons profonds et réguliers descendant du sommet à la base et lui donnant l'apparence d'une ombrelle entr'ouverte), le Kitia, l'Ambohibe, le Sakadimy qui dominent la rive occidentale du lac, puis, plus à l'Ouest, le Lazaina, l'Ambasy et quelques autres de moindre importance. Tous ces dômes sont formés par divers types de trachytes alcalins.

Ce sont en général des dômes sans cratère, comparables au dôme récent de la Montagne Pelée, plutôt qu'à celui du Puy-de-Dôme, car il ne comprennent aucun produit de projection et sont formés uniquement par des rochers continus, à pente fort raide, quand leurs parois ne sont pas verticales.

Une exception à cette structure simple est fournie par l'Andranonatoa, qui est de nature complexe ; ce fut en effet, à l'origine, un dôme semblable aux précédents, mais son sommet a été partiellement démoli par une dernière éruption,

qui l'a transformé en une sorte de Somma, écroulée du côté Ouest-Sud-Ouest et présentant du côté Ouest, un Atrio, à fond presque horizontal, qui sépare ses parois intérieures d'une coupole de lave formant le sommet de la montagne (1 630 mètres). Cette coupole est creusée d'une cavité cratériforme de 60 mètres de diamètre, avec 5 ou 6 mètres de profondeur. Elle est parsemée de blocs scoriacés de trachyte. De la base de cette coupole, à l'altitude d'environ 1 580 mètres, est descendue vers le Nord-Nord-Est, une énorme coulée de trachyte, succession de rapides, le long desquels la lave a dévalé en cascades, et de paliers, sur lesquels elle s'est étalée. Dans ces rapides, on remarque des ruisseaux de lave figée, avec moraines de blocs scoriacés et, çà et là, des crêtes de roche continue. La coulée a butté contre une éminence basaltique, qui a déterminé la production d'une branche latérale dirigée Nord-Ouest ; puis elle est venue se terminer sur un plateau gneissique presque horizontal d'environ 1 270 mètres d'altitude. Le front de cette coulée, formé par un haut talus de blocs, rappelle celui de la lave de l'éruption du Vésuve en 1906. Le magma devait posséder au moment de sa sortie, une fluidité exceptionnellement grande pour avoir pu permettre à cette coulée trachytique de prendre toutes les caractéristiques morphologiques des épanchements de laves basiques. Une coulée analogue s'est déversée sur le flanc Sud-Sud-Ouest, mais je n'ai pas eu le temps de l'étudier de près.

L'Andranonatoa est le seul gisement de trachyte très vitreux et scoriacé du massif ; le trachyte du dôme primitif possède la cristallinité plus grande qui est caractéristique de la lave des autres dômes.

Le R. Baron qui, seul [109] ou en collaboration avec M. Mouneyres [173], a le premier appelé l'attention sur ce centre éruptif, a eu raison de parler de la jeunesse de ses volcans, mais cette conclusion ne s'applique qu'à certains d'entre eux. La question est beaucoup moins simple que ne le supposaient ces explorateurs. Les puys sont incontestablement très jeunes, car ils sont remarquablement intacts et la surface des cheires qui en sont sorties est d'une fraîcheur parfaite ; ce que je viens de dire de la coulée trachytique de l'Andranonatoa montre qu'il faut appliquer la même conclusion à celle-ci. Quant aux dômes trachytiques, ils sont certainement plus anciens ; leur forme actuelle est bien leur forme originelle, mais modifiée par écroulement[1] ; les flancs de quelques-uns d'entre eux supportent des cônes basaltiques à cratère dont les produits de projection sont parfois riches en blocs de trachyte ; le petit cône associé au dôme 1 710 mètres, à l'Ouest du Kitia, rappelle le Nid de la Poule, adossé au Puy-de-Dôme. D'autre part, il existe des roches basaltiques plus anciennes que les cheires (coulée columnaire

1. Cf. A. Lacroix, *La montagne Pelée après son éruption*, 1908.

en ruine d'Antsahondra, à l'Ouest d'Ampefy) et certains des basaltes sont antérieurs aux dômes trachytiques. Ceci m'amène à relater des observations intéressantes à un autre point de vue.

Entre Ankidona et le Kitia, se trouvent de petites collines arrondies, surbaissées, constituées par des fragments et des blocs de toutes les roches de la région (granite, gneiss, quartz, basalte, trachyte) réunies par une boue jaunâtre. Sur les contreforts du Lazaina et du Sakadimy, limitant la vallée qui aboutit au lac Itasy, ce conglomérat renferme des blocs de gneiss d'un grand nombre de mètres cubes; je l'ai rencontré encore sur les hauteurs séparant Ampefy des colonnades de l'Antsahondra ; il forme une sorte de petite moraine sur les bords du lac près de Moratsiazo. Enfin, on le trouve sur les éminences dominant Ngiloby, du côté du Sud. La composition de ce conglomérat et divers traits de la structure des vallées qui le renferment m'ont fait penser à une origine glaciaire, malgré les difficultés que présente l'explication d'une glaciation peu ancienne sous cette latitude et à une altitude aussi peu élevée. J'aurais hésité à mettre cette hypothèse en avant sans la découverte que j'ai faite sur les flancs et sur le sommet du Kitia, d'un nombre considérable de gros blocs de gneiss et de basalte dont la présence ne me paraît pouvoir trouver aucune autre interprétation. Le dôme du Kitia, en effet, est isolé de toutes parts, limité par des pentes abruptes ou des parois infranchissables et son sommet (1 600 mètres) domine d'environ 300 mètres les bords du lac Itasy. C'est un dôme sans cratère ; le trachyte qui le forme de la base au sommet ne renferme pas d'enclaves de roches étrangères ; les blocs de gneiss et de basalte ne peuvent donc pas avoir été apportés sur lui par une cause volcanique ; d'ailleurs les fentes de ses parois sont remplies par la même boue jaunâtre et les mêmes débris de roches qui s'observent à son pied.

Les exigences de mon itinéraire ne m'ont pas permis de fouiller cette question autant que je l'aurais voulu ; il me semble néanmoins utile d'appeler l'attention des géologues sur ce sujet et sur les conséquences qu'on pourrait en tirer pour l'explication de l'origine du lac Itasy[1]. Les hypothèses émises à ce sujet sont, en effet, ou certainement inexactes (barrage par un courant de lave), ou peu vraisemblables (effondrement).

Quoi qu'il en soit, et pour revenir à l'âge relatif des roches de cette région, les blocs de basalte transportés sur le Kitia démontrent que des éruptions basiques ont suivi celle des cônes non érodés. Si une période glaciaire a réellement

1. Contre mon hypothèse, je dois signaler que M. Perrier de la Bathie n'a pas retrouvé ces conglomérats à l'Est du lac.

eu lieu, on voit en outre qu'elle s'est produite entre l'extrusion des dômes trachytiques et la formation des cônes basiques dont la fraîcheur parfaite décèle la postériorité à tout phénomène géologique important.

On a vu page 75 que le gisement de subfossiles d'Ampasambazimba (faune à *Æpyornis*) se trouve dans une cuvette marécageuse déterminée par une coulée de basalte très récente, entamée par le Mazy.

Les seuls restes de l'activité éruptive consistent en quelques sources thermales bicarbonatées (Ambavalato, Tsarazaza, Mahatsinjo, etc.). La fréquence de petites secousses de tremblement de terre mérite aussi d'être rappelée.

Massif de l'Ankaratra. — Le massif volcanique de l'Ankaratra, situé à peu près au centre de Madagascar, comprend les points culminants de cette partie de l'île : Tsiafajavona (2639 mètres), Tsiafakafo (2530 mètres), Ankavitra (2603 mètres), Ambohimainty (2595 mètres), Ambohimirandrana (2412 mètres), etc. Il fait partie de la ligne de partage des eaux de l'Océan Indien et du Canal de Mozambique. De nombreuses rivières y prennent leur source, dans le Nord : la Katsaoka, l'Ombifotsy, l'Onibe, l'Irihitra, la Kalariana, affluents ou sous-affluents de l'Ikopa ; à l'Ouest, la Varahina, le Kitsamby et ses affluents, l'Ampitambe, la Sahaomby, etc. ; au Sud, l'Andrantsay, puis la Sahaomby et la Sahatsio, affluents de la Manandona ; enfin, à l'Est, l'Onive qui jette ses eaux dans l'Océan Indien par l'intermédiaire du Mangoro. J'ai parcouru à plusieurs reprises ce massif et j'ai pu par suite donner, d'après mes observations personnelles, une idée de sa constitution [137].

Ses laves peuvent être suivies presque sans interruption du Nord au Sud d'Arivonimamo au Sud d'Antsirabe, sur une centaine de kilomètres et sur une cinquantaine de l'Est à l'Ouest (d'Andratikely, jusqu'à l'Ouest d'Ambohipoloalinà, au delà de Faratsiho). De petits centres isolés se trouvent à son Nord-Ouest jusqu'au voisinage de Tananarive (petit Vontovorona) et surtout à l'Est d'Antsirabe (Vontovorona, Iankiana, etc.).

Il est difficile d'évaluer exactement la surface occupée par les produits des volcans de l'Ankaratra, mais elle ne doit pas être inférieure à 4000 kilomètres carrés. Dans la partie centrale du massif, il n'existe que des roches volcaniques et celles-ci affleurent seules dans le haut des vallées qui en partent dans toutes les directions, mais sur sa périphérie, on voit apparaître dans le lit de ces mêmes vallées, le sous-sol granitique ou gneissique, de telle sorte que, sur la carte ci-jointe, le massif de l'Ankaratra se termine extérieurement par des sortes de langues divergeant du centre. Il existe deux profondes vallées entaillées dans le gneiss, celle de l'Ampitambe, affluent du Kitsamby, à direction Nord-Ouest et

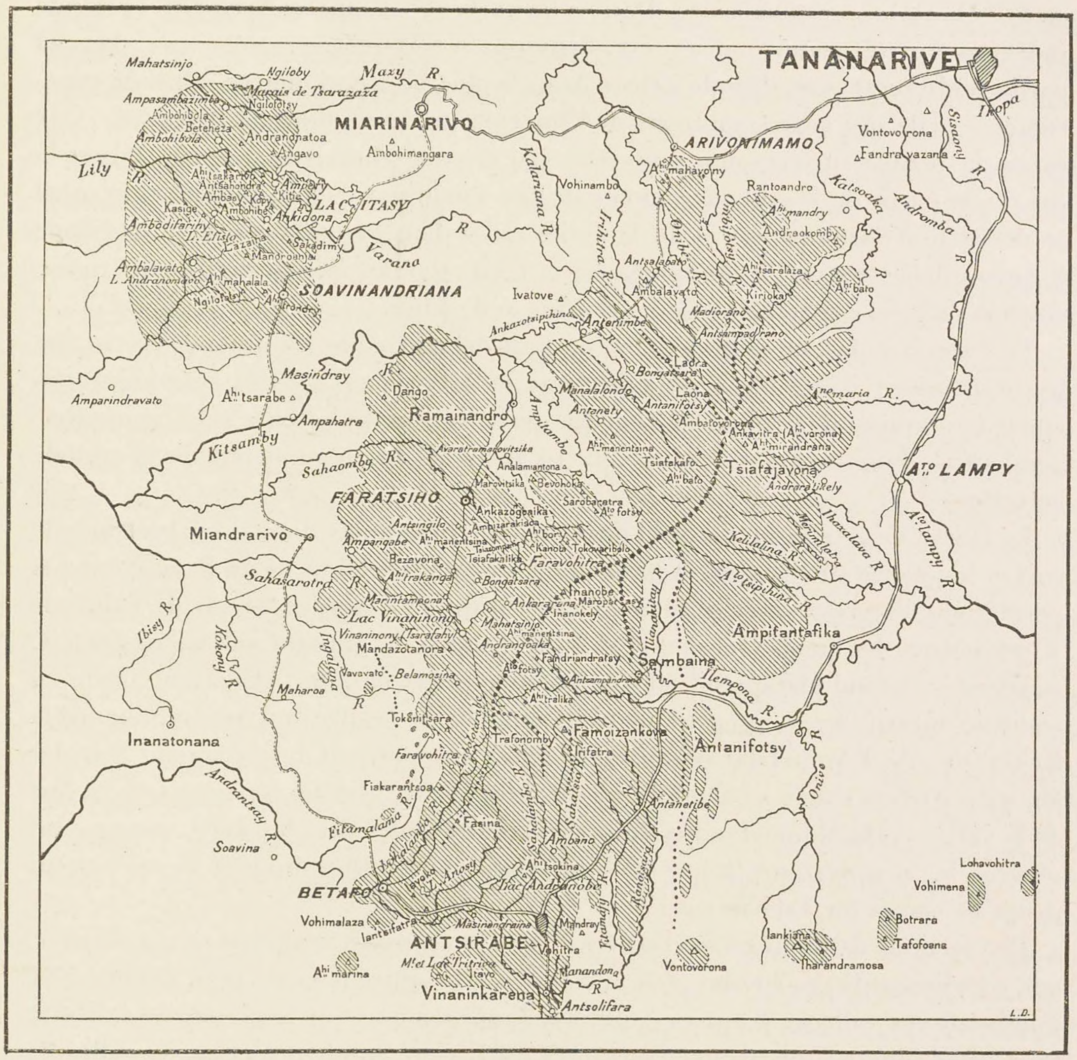


Fig. 6. — Massifs volcaniques de l'Ankaratra et de l'Itasy.

celle de l'Ilianakitay, qui, jusqu'à son confluent avec l'Ilempona (affluent de l'Onive) dans le marais de Sambaina a une direction Nord-Sud ; ces deux rivières ne sont séparées que par une étroite crête basaltique, elles divisent le massif de l'Ankaratra en deux portions presque égales. Dans celle qui se développe au Nord-Est, l'altitude moyenne du substratum ancien est d'environ 1 400 mètres, alors que, dans la partie Sud-Ouest, son altitude s'élève jusqu'à plus de 2 000 mètres, altitude supérieure à celle des autres sommets de l'Imerina, à l'exception des Vavavato ; il y existe de petites surfaces non couvertes par des matériaux volcaniques ; tel est le cas d'une partie de la rive occidentale du lac Vinaninony et du plateau sur lequel se dresse le Tsiazompaniry et de la petite vallée dans laquelle se trouve le village d'Antsinjilabe, entre l'Ankazongoaika et l'Ampizarakisoa. On voit quelle masse énorme de laves a été émise par ces volcans malgaches.

En l'absence de tout sédiment et de tout débris fossile au milieu des roches pyroclastiques, il est impossible de dater le début de l'activité volcanique qui appartient vraisemblablement à l'époque tertiaire ; cette activité s'est poursuivie pendant un long espace de temps et, localement, jusqu'au début de la période actuelle.

Le massif de l'Ankaratra a subi des érosions puissantes dont il est possible de suivre les étapes successives. Tandis que les pentes très douces du flanc Nord-Est permettent d'arriver sans peine avec des charrettes jusqu'au-dessus de l'altitude 2 300 mètres, les flancs Ouest et Est sont creusés de grandes vallées profondes, très larges, à fond plat quand elles reposent sur des basaltes, pénétrant jusqu'au cœur du massif, avec une pente extrêmement faible (vallée de l'Ampitambe, de la Kelilalina, de l'Ampivalanana par exemple) et débutant brusquement par des abrupts, parfois situés au fond de grands cirques ; tel est le cas des hauts ravins de la vallée de la Manalalondo (Ampivalanana) et ceux de l'Iazolava, qui ne sont séparés les uns des autres que par une étroite crête basaltique et qui pénètrent jusqu'au centre du Tsiafajavona.

Des sections de nombreuses coulées de basalte, souvent sculptées en colonnades, qui constituent les roches les plus anciennes, se montrent sur le bord des plateaux dominant ces vallées ; d'autres coulées sont suspendues sur les flancs de vallées à fond granitique ou gneissique (versant Nord-Est du Sarobaratra dans la vallée de l'Ampitambe) ; d'autres enfin ont coulé dans le fond des vallées encaissées dans des roches anciennes (haute vallée du Kitsamby en amont de Ramainandro) ; une partie des cascades que l'on rencontre dans le massif tombent de ces coulées basaltiques ; c'est particulièrement le cas de celles de la région de Ramainandro (belles colonnades prismées).

Dans la partie centrale du massif, l'activité doit avoir cessé depuis longtemps,

car il n'y existe plus trace d'appareils superficiels ; mais sur la bordure septentrionale, notamment près d'Arivonimamo, il subsiste quelques traces de cônes plus ou moins démantelés ; enfin à l'extrémité méridionale de l'Ankaratra, abondent des *puys* à cratère bien conservé (environs d'Antsirabe, de Betafo), avec des *cheires* basaltiques très fraîches (Betafo) ; ces volcans, eux, sont certainement tout à fait récents. Les coulées les plus jeunes sont cependant déjà entaillées par l'érosion et l'on a vu page 75 que les dépôts à ossements d'*Æpyornis* leur sont postérieurs.

Les seuls vestiges de l'activité volcanique consistent en sources thermales chaudes bicarbonatées, sodiques (Antsirabe, Betafo, etc,), qui rappellent celles du Massif central de la France.

Ce qui vient d'être dit pourrait faire penser que les belles coupes géologiques se rencontrent avec profusion, qui permettraient de démêler facilement la structure intime du massif; malheureusement, il n'en est rien Beaucoup de roches sont fort altérées superficiellement, transformées en terre rouge; presque toutes sont couvertes d'un uniforme manteau de hautes herbes (bozaka) ; aussi est-il très difficile d'établir des successions. Bien que les matériaux de projection abondent, ils sont dans bien des régions peu apparents et ils ont été particulièrement affectés par la décomposition (versant Nord-Est entre l'Ambohitsaralaza et le bas de ses pentes) ; j'en ai cependant observé de très frais (croupe d'Analamisaraka sur le versant oriental du Tsiafajavona). Ce sont surtout les coulées qui sont visibles, grâce aux rochers à pic qu'elles constituent çà et là sur le bord des vallées, et aussi les dômes de roches blanches. Ces coulées, souvent fort longues, ont exercé d'ailleurs une très grande influence sur la topographie ; c'est particulièrement à elles que l'Ankaratra doit ses pentes de quelques degrés seulement et ses grands plateaux presque horizontaux (ceux de Laona et de Maharemana par exemple), qui ont protégé le sous-sol contre l'érosion. Les énormes coulées étagées de Laona, dominant l'Onibe, m'ont rappelé celles d'andésite du Cliergue au Mont-Dore.

La très nombreuse collection de roches que j'ai recueillie m'a permis de démontrer [139] que la constitution lithologique de l'Ankaratra est beaucoup plus complexe que ne le supposait le R. Baron, auquel est due une première et très brève esquisse géologique du massif [107 et 109].

Il existe deux groupes de laves ; l'un, prédominant de beaucoup, consiste en types basaltoïdes, l'autre en roches trachytoïdes. Les premières se rangent elles-mêmes en deux séries, labradorites et basaltes, de types minéralogiques et structurels variés, généralement compacts, rarement bulleux et alors riches en cristaux de chabasie (massif du Tsiafajavona), et roches à olivine sans feldspaths, mais avec généralement de la néphéline et parfois de la mélilite, que j'ai proposé

de désigner sous le nom d'*ankaratrites*. Plus complexes sont les roches de couleur claire, qui, par ordre croissant de fréquence, sont des rhyolites, des trachytes calco-alcalins, des roches quartzifères à riebeckite et une série de trachytes phonolitiques de composition variée qui renferme des types un peu néphéliniques, voisins des véritables phonolites[1].

1. J'ai étudié un très grand nombre d'échantillons de labradorites et de basaltes feldspathiques de l'Ankaratra; les gisements de ceux qui présentent quelque intérêt minéralogique sont cités dans le chapitre de lithologie, mais il en est un grand nombre d'autres dont je crois devoir donner les noms, ne fût-ce que pour éviter à ceux qui entreprendront plus tard la carte détaillée de l'Ankaratra de recommencer le travail de détermination microscopique que j'ai dû effectuer. Ces gisements de roches basaltiques vont être passés en revue suivant les six itinéraires que j'ai parcourus et dans leur ordre géographique.

1° *Itinéraire Miarinarivo-Manalalondo, Mont Tsiafajavona, Ambatolampy* (Coupe Ouest-Est du massif). — Le basalte commence à environ 3 heures avant Mananalondo ; Ambatovorona ; Antanifotsy ; base du Tsiafakafokely (basalte à labrador) et du Tsiafakafo (basalte compact) ; hauteurs avoisinant le sommet du Tsiafajavona (contreforts Sud-Est ; Est-Sud-Est ; Est-Nord-Est) ; sommet Ambohibalo et ruisseau en descendant sur le flanc Est ; petit col Sud Ambohimirandrana et base de cette montagne ; Analamitana, Ambatolampikely.

2° *Itinéraire Tananarive-Arivonimano-Antsolabato-Ramainandro-Marovitsika-Faratsiho-Vinaninony* (coupe Nord-Sud du massif) — kilomètre 61 sur route de Miarinarivo ; Andavabato ; rive droite de l'Ampitambe ; une heure avant Ramainandro et notamment chutes du Kitsamby ; son affluent l'Ambohitravonosy ; plateau d'Avaratra Marovitsika et bord du Kitsamby ; à son pied ; plaine entre le piton trachytique de Marovitsika et Faratsiho ; près Maritampona (Nord du marais de Vinaninony et Mandazotanora et autres hauteurs dominant le marais vers le Sud.

3° *Itinéraire Vinaninony-Faravohitra-Bevohoka-Antanety-Manalalondo-Laona-Kirioka-Ambohimandry-petit Vontovorona-Tananarive.* — Sud Ankararana et Mahatsinjo ; plateau supportant les dômes trachytiques du Nord du marais ; plaine de Faravohitra, Ambohibory au Nord-Est d'Antsinjilabe (colonnade) ; entre Faravohitra et Bevohoka ; Ambatofotsy (haut Ampitambe) ; Ambohifotsy ; vallée de l'Antsira ; Antanety, au Sud de Manalalondo ; Bongatsara ; Ambohibory ; bords de l'Onibe au-dessous des coulées d'ankaratrite de Laona ; Antsampandrano (Ambodinampahitra) ; flancs Ouest du Kirioka ; bords de la Katsaoka.

4° *Sur la bordure occidentale du massif.* — Rivière Andriamamovoka à l'Ouest d'Ampangabe ; région des Vavavato.

5° *Route de Tananarive à Antsirabe et voisinage* (flanc oriental du massif). — kilomètre 71, 7 ; 1500 mètres à l'Est du kilomètre 73 ; kilomètre 88, 76 ; 400 mètres à l'Ouest du kilomètre 100, 35 ; 200 mètres Ouest kilomètre 103, 15 ; kilomètre 126 ; chutes d'Angavo (cascades de 40 mètres) sur l'Onive ; Mont Ambohikely (4 kilomètres Ouest d'Antanifotsy).

6° *Environs de Betafo.* — Ankitsikitsika et Ambohimaro ; Iavoko et Iantsifotra ; Vohimalaza, Ambohijanaka ; Ambohimanjaka ; Ambohimarina ; Masinandraina ; Moza, 17 kilomètres Ouest de Betafo ; environs et Sud d'Antsirabe ; Ambatotapaka (Nord-Est Antsirabe) ; Vohidronono ; Tritriva ; route d'Ambositra, 11 kilomètres Sud d'Antsirabe ; 1 kilomètre Est des kilomètres 170 et 178 ; Vinaninkarena ; Antsolifara. Est d'Antsirabe ; Est du Mandray ; Sud-Ouest Andranotsimitevy ; Soanindrarina ; Taniankatsaka ; mont Vonife.

Pour la région comprise entre les parallèles de Vinaninony et d'Antsirabe, que je n'ai pas parcourue moi-même, j'ai étudié une importante collection qu'avait bien voulu me recueillir M. Auclair, contrôleur des mines à Antsirabe ; celui-ci a trouvé une mort glorieuse au début de la guerre ; je tiens à rappeler ici son nom en lui donnant un souvenir ému. Sauf indication contraire, les noms qui suivent s'appliquent à des montagnes :

Bassin de la rivière Vinaninony. — Marotaolana ; Antsongombato ; Andranogoaika ; village de Belamosina (extrémité Nord-Est du Vavavato). *Bassins de la Kelimahery et de l'Amborompotsy* (*affluent de l'Ilempona*). — Fandriandratsy et Mangabe ; Sud-Ouest d'Ankavodiamaro ; Marosata ; 400 mètres village Andapa ; Ambatofotsy et Antsampandrano ; Ambohitralika, près village Befaritra ; Ambohimadinika. *Bassin de la Sahatsio* (Nord et Nord-Est d'Antsirabe). — Famoizankova ; 800 mètres Ouest Trafonomby ; village Mahatsinjo

La succession dans le temps de ces diverses laves ne peut être que partiellement établie ; je n'ai relevé de coupe un peu complète que dans les ravins compris entre le Tsiafakafo et le Tsiafakafokely. A la base, se trouve une alternance de coulées épaisses de basalte à phénocristaux de plagioclases et de matériaux projetés, recouverts par une grande nappe de trachyte phonolitique, sur laquelle s'est épanchée l'ankaratrite, qui constitue les hautes crêtes. En dehors de cette région centrale, partout où les basaltes se voient en contact avec les ankaratrites, ces dernières sont les plus récentes ; leur fraîcheur est d'ailleurs toujours plus grande. Quant aux trachytes à plagioclases, ils sont, eux aussi, postérieurs aux basaltes et peut-être leur émission a-t-elle été suivie par de nouvelles venues basaltiques. Cela est particulièrement vraisemblable pour la région située au Nord du lac Vinaninony, où le pied des dômes trachytiques est entouré par des nappes de basalte.

Il est possible de préciser davantage en ce qui concerne la distribution dans l'espace de ces diverses roches. Les énormes épanchements de basalte très fluides par quoi ont débuté les phénomènes éruptifs ont fourni de longues coulées qui ont couvert presque toute la surface actuelle du massif et se sont même étendus au delà ; ces roches, en effet, apparaissent non seulement dans tous les ravins de la haute chaîne, mais se retrouvent aussi partout à sa périphérie, même en des points où les coulées ne sont plus continues et où elles ne sont plus représentées que par des blocs en place dans la terre rouge, formant ainsi des lambeaux isolés à la surface du gneiss (au Nord de Ramainandro sur le chemin de Miarinarivo en particulier). Au Sud de la coupure Ampitambe-Ilianakitay, je n'ai pas vu d'autres roches basiques. Il me paraît vraisemblable que la plus grande partie de celles-ci ont été émises non par un centre unique, mais par une série de centres orientés suivant une direction grossièrement Nord-Nord-Est, correspondant à la ligne de crête actuelle du massif. Tous mes efforts pour y trouver la place de cheminées éruptives par la recherche des filons sont cependant restés sans résultat, soit que la partie centrale du vieux volcan n'ait pas été décapée par l'érosion, soit que mes itinéraires ne m'aient pas conduit aux endroits favorables. Je dois signaler que M. Carrier, qui a publié une esquisse géographique du massif, a signalé [290] un dyke vertical de basalte, en saillie dans le fond d'une petite vallée

(Sud-Est de l'Ambohitrolona); Ambohimahery; Ambohitsimiarivo; Soavazimba; Tsiatosika; Ampantaka; Ambohitromby ; Manazary. *Bassin de la Sahaomby.* — Maharirana ; Ambohitrolona ; 2 kilomètres Est Inanavana ; Nord-Nord-Est Andriampatsa ; Ambohitsokina ; bord Nord-Est lac Andranobe ; Amboniloha. *Bassin du Ranomandry.* — 1 kilomètre Est Ambondrona ; Tsaramanga *Bassin de l'Ambolotarabe.* — Versant Est : Mandrosera ; Manarilefona ; Andrakodavary ; Fasina ; sommet 1961 Sud-Est Fasina ; Ambohitramponga ; Ambatomadinika ; Versant Ouest : (bordure Sud-Ouest de l'Ankaratra) ; Tekotanitsara ; Faravohitra ; Ampantsifantsy ; Fiakarantsoa (dyke de luscladite et de basalte) ; Ambohitsampana, Maindroa.

du pied oriental de l'Ankavitra. M. Dropsy m'en a indiqué un autre (2 mètres d'épaisseur) sur la bordure du massif, dans le gneiss d'Ambano, au Nord d'Antsirabe. Des dykes de basalte m'ont été signalés aux alentours du lac Anosy[1].

Dans la partie Sud-Ouest du massif les centres éruptifs ont été probablement plus nombreux, mais, là encore, je ne puis donner beaucoup de précision à cet égard ; j'ai observé des filons de basalte dans le granite des bords du Kitsamby, au pied du plateau basaltique d'Avaratra Marovitsika. Sur les montagnes granitiques, hérissées de pointes, des Vavavato, il existe de petits pitons basaltiques isolés, dont le principal est le Nadoha ; au Sud du pic gneissique de Mahasoa, l'Ambatovato est basaltique (basalte compact ou doléritique, au voisinage d'un gabbro ancien (Ambohimasina).

Après cette période paroxysmale, exclusivement basaltique, du plus grand Ankaratra, les centres d'activité se sont localisés, déplacés et différenciés au point de vue pétrographique.

J'ai trouvé une coulée de rhyolite sur le flanc occidental de l'Ampizarakisoa, au Sud de Faratsiho.

Des trachytes à plagioclases se voient dans la portion Nord-Est du massif à l'Ambohimirandrana, sur les hauts sommets, puis dans la plaine, à Andraratikely et jusqu'au voisinage d'Ambatolampy. Dans la haute Katsaoka (région d'Ambohimandry et piton escarpé du Manango), il existe des trachytes à biotite, mais c'est surtout dans la partie Sud-Ouest de l'Ankaratra que se trouvent les principaux gisements de ces roches ; ils sont alignés dans la direction Nord-Sud, à l'Est de la ligne de partage des eaux ; Ambohitralika, Ambohimadinika, Famoizankova, Irifatra ; ces deux dernières montagnes se trouvent dans la haute vallée de la Sahatsio et sont certainement l'origine des si nombreux galets trachytiques et andésitiques que l'on rencontre dans les alluvions d'Antsirabe, associés à des blocs de rhyolites, à des ponces et à des cendres rhyolitiques dont je ne connais pas le point de sortie ; celui-ci doit se trouver aussi dans la haute vallée de la Sahatsio. J'ai ren-

1. Dans la région d'Antsirabe, il existe aussi dans les gneiss des filons de basalte qui ne sont pas accompagnés de coulées : Ampantaka ; Ambano au Nord de la ville et, au Sud-Est, entre la Sahaomby et la Manandona.

Comme autres exemples de dykes basaltiques rencontrés dans les gneiss, à une certaine distance du massif volcanique, je citerai d'après les observations communiquées par le P. Muthuon : Vatolevy (kilomètre 60, 8, à 700 mètres du pont de l'Irihitra), sur l'embranchement conduisant au marché Alatsinainy, Vatolevy, 4 à 5 filons de moins d'un mètre de puissance, à 10 kilomètres des premiers affleurements de l'Ankaratra ; Lavainandro au Nord de Behenjy (à l'Est du mont Iaranandriana, tranchée de la voie ferrée sur la rive droite de l'Andromba). Une dizaine de filons verticaux Nord-Nord-Ouest à 8 ou 10 kilomètres du mont Vohibe, le premier gisement volcanique de l'Ankaratra.

contré un petit gisement en place de trachyte à sanidine quartzique au milieu des alluvions du pont de la Sahatsio en amont d'Antsirabe.

A l'exception d'un pointement érodé que j'ai trouvé près de Manalalondo, à Ambatovorona et du dôme à colonnades prismées de l'Ambohimantsina (sur le bord d'un affluent de la rivière de Manalalondo), les trachytes quartzifères à riebeckite sont localisés dans la portion Sud-Ouest de l'Ankaratra et au Nord du parallèle de Vinaninony, dans la région des trachytes phonolitiques ; ils forment uniquement des dômes : Marovitsika, Ankazongoaika, Ambohibory, Tokovaribolo, Inanobe (belle colonnade rappelant celle du Puy-Gros au Mont-Dore).

Les trachytes phonolitiques sont rares dans la portion Nord-Ouest du massif, je ne les ai rencontrés que dans les ravins Ouest et Sud-Ouest de Laona, puis au Tsiafakafo (passage aux phonolites) et dans quelques pointements sur la crête au Sud et très près du sommet de Tsiafajavona. Par contre, ces trachytes phonolitiques constituent de très nombreux dômes au Sud de la coupure de l'Ampitambe. Je citerai les gisements suivants dont j'ai recueilli et étudié les roches : Sud d'Analamiantona (Sarobaratra), Bevohoka, Ouest d'Ankazongoaika, sommet 2042 Est-Nord-Est d'Ampizarakisoa ; près du bord occidental du massif, Ouest d'Ankeniheny, Nord-Ouest d'Ampangabe, puis en se rapprochant du lac Vinaninony, Bezavona, Kanota (à l'extrémité du mont Antsinjilabe), Bongatana, Ambohitrakanga, Tsiazompaniry, Tsiafakalika, Faravohitra (coulée d'où tombe une cascade), Tokovaribolo et, sur le versant oriental de la ligne de partage des eaux. Inanokely et Maroparasy. Puis, Ankararana, à l'Est ; Kidondona, au Sud ; Ambohimanentsina, au Sud-Est du lac Vinaninony. Une traînée de gisements des mêmes roches que je n'ai pas vues en place, mais dont j'ai étudié des échantillons se trouve entre la chaîne des Vavavato et la grande ligne de partage des eaux (Mahatsinjo Antanizo, entre Belamosina et Ambohitritaimamo, Ambotritraimamo, Antsongombato, Manarilefona, Andrakodavary) et à l'Est de cette ligne, l'Ouest du mont Trafonomby (Sources de la Sahaomby). Je ne connais pas d'autres gisements au Sud de cette montagne, mais par contre, ce sont ces mêmes trachytes qui constituent à l'Est d'Antsirabe, les pitons Vontovorona, Iankiana, Iharandramosa, Ambohitrarivo, Andriatsimitovy, Amby et Botrara.

Enfin, plus tard, les ankaratrites sont descendues dans toutes les directions des sommets principaux de la haute chaîne du Nord-Est (Tsiafajavona, Tsiafakafo, Ankavitra) ; elles constituent aussi la plus grande partie des importantes coulées en forme de langue se dirigeant en éventail dans la direction du Nord [Laona (belle colonnade prismée), Bongatsara et Ambohibory (au Nord-Est de Manalalondo), Madiorano, Rantoandro, Andraokomby, Ambohibato, etc.]. Quelques-

unes d'entre elles partent de la base de cônes voisins de la périphérie du massif, telle que l'Ambohibololondehibe et l'Ambohimahavony dont la coulée est descendue jusqu'à Arivonimamo; le piton d'avant-garde du petit Vontovorona est constitué par la même roche. Peut-être faut-il y rapporter un cône isolé sur le gneiss d'Antamponimanantoandro ayant fourni des coulées que m'a signalées le P. Muthuon.

Au point de vue magmatique, il faut rapprocher des ankaratrites, les filons de limburgite à facies lamprophyrique du Vohitany, à l'Ouest de l'Avokia (?) (Vavavato) et aussi, à l'extrémité Sud-Ouest de la même chaîne, le dyke de luscladite d'Andrarivatonanahary, à la montée de Fiakarantsoa (Est de la route de Betafo à Vinaninony); ce dyke orienté Nord-Nord-Ouest, de 1 à 2 mètres de puissance, se dresse de 2 à 300 mètres au-dessus du gneiss sur une longueur de 1 kilomètre environ ; il est séparé par une centaine de mètres de gneiss d'un petit pointement de basalte normal.

Au point de vue de la topographie volcanique, la région trachytique du Nord de Vinaninony est l'une des plus belles que je connaisse pour l'étude des dômes trachytiques et phonolitiques ; dômes complètement isolés sur une plate-forme granitique (Tsiazompaniry, rappelant le Gerbier-des-Joncs), ou alignés en grand nombre le long d'une même cassure (Tokovaribolo) ; coupoles ruinées (Marovitsika, Inanobe, Inanokely, Ambohitrakanga, etc.) qui surgissent au-dessus de puissantes nappes basaltiques. D'ailleurs, la toponymie des Malgaches fait image ; Bevohoka (montagne enceinte). Tsiafakalika (où les chiens ne peuvent monter), Trafonomby (qui a la forme d'une bosse de zébu), etc...

Cette topographie si spéciale et si pittoresque se retrouve à l'extrémité Sud-Est du Vakinankaratra, dans un petit massif que je considère comme une dépendance de l'Ankaratra, bien qu'il en soit séparé par la large plaine d'Antsirabe et l'arête granitique du Mandray. La série des dômes de trachyte phonolitique cités plus haut ont la forme de pains de sucre réguliers (Vontovorona et petit dôme de même forme situé au Sud), de châteaux en ruines (Iankiana) ou de coupoles (Iharandramosa, Ambohitrarivo, etc.). Ils se dressent, isolés, sur un socle granitique d'une altitude d'environ 1 900 mètres ; celui-ci est recouvert en partie par des flots de basalte qui se retrouvent encore à 10 kilomètres au Sud de Iankiana et qui ont coulé aussi dans les vallées voisines. Plus au Nord-Est, il existe sur le gneiss des pitons ou des filons basaltiques isolés : Vohimena, Lohavohitra, mont Vonife (29 kilomètres Est du Iankiana), Betampona (13 kilomètres Nord-Nord-Ouest de Iankiana). Il est bien vraisemblable que ces formations volcaniques doivent, à tous égards, être parallélisées avec celles du Nord de Vinaninony et que les basaltes y sont, au moins en partie, antérieurs aux trachytes, mais le manteau

ininterrompu et désespérément monotone de steppes herbeuses, dans lesquelles j'ai circulé pendant de longues journées, ne m'a pas permis de trouver nulle part de contact démonstratif à cet égard.

Il ne me reste plus qu'à m'occuper des volcans récents de l'Extrême-Sud du massif; on y remarque des puys tout à fait intacts, comme par exemple ceux des environs de Betafo (Iavoko et Vohimalaza, reposant sur un socle gneissique) et Vohidronono (Vohitra), Itavo, près d'Antsirabe, puis des cônes possédant un cratère d'explosion entaillé à l'emporte-pièce dans le gneiss que recouvrent des matériaux volcaniques (lac Tritriva) [115]; d'après les sondages de MM. Perrier de la Bathie et Dandouau, la profondeur maximum de ce lac, aux parois gneissiques verticales, est de 160 mètres. A signaler encore le petit lac Andraikiba occupant une dépression au milieu de cendres basaltiques, le lac d'Andranobe (lac de barrage d'après M. Carrier).

C'est une région de grandes coulées basaltiques horizontales[1]; les unes à surface plus ou moins érodée (la tranchée de la route d'Antsirabe à Ambositra montre la superposition de l'une d'elles à des alluvions à galets de trachyte et de rhyolite) ; les autres à surface scoriacée remarquablement fraîche, véritables cheires hérissées de petits cônes de lave (coulée du Iavoko et des rizières de Betafo, au fond de vallées actuelles); coulée de Vinaninkarena émise par le Vohidronono dans la vallée de la Sahomby. Ces volcans n'ont fourni que des basaltes, parfois extraordinairement riches en enclaves de fragments ou de sable granitiques ou gneissiques (Tritriva, Vohidronono, etc.), surtout abondants dans les lits de cendres au voisinage du substratum (Vohimalaza), c'est-à-dire parmi les produits des premières explosions. De beaux cristaux isolés d'augite, d'origine magmatique, y sont parfois aussi très abondants (Vohidronono, Iavoko, Vohimalaza).

Il est probable qu'il faut synchroniser, à cause de leur même degré de conservation, ces puys basaltiques et ceux de l'Itasy, mais la composition chimique de leurs basaltes n'est pas exactement la même.

Betsileo. — Dans le Sud du Betsileo, le massif granitique et gneissique de l'Andringitra (sur la ligne de partage des eaux de la Matitanana, à l'Est et des affluents de la Mananantanana et du Zomandao, tous deux affluents du Mangoky), renferment un certain nombre de filons minces de roches à facies volcanique, qui ne semblent pas avoir donné de coulées ; leur âge reste indéterminé. Sur le versant

1. Au sujet des relations d'âge existant entre les plus récents de ces basaltes et les couches à *Æpyornis*, voir page 75.

oriental (haute vallée de la Rienana) et sur le versant occidental (Bekinana sur la Sonoroka et dans la Sahatana) ce sont des basaltes, doléritiques ou non, très frais, auxquels on peut appliquer les mêmes conclusious qu'aux roches similaires de la moyenne et de la basse vallée de la Rienana et de la côte orientale dont il sera question plus loin. Sur l'Ivohika, à la base orientale de l'Andringitra, il faut signaler au milieu des gneiss des filonnets d'une dacite très vitreuse (pechstein) qui n'a été trouvée que dans des blocs recueillis dans la Sahatana, en même temps que des labradorites (filons et épanchements sur les gneiss) ; ces dernières roches se rencontrent aussi dans la Menarahaka et dans la Befanintra (affluent de droite de la Manampatra), près du mont Tsitongabalala.

Dans l'Ouest du Betsileo, à 15 et à 20 kilomètres Est de Fenoarivo (rive droite du Zomandao), existent aussi quelques filons de labradorites augitiques très fraîches.

Les cipolins d'Anosivola (rive gauche de la Manambovona) renferment une intrusion d'un basalte doléritique très riche en olivine si fraîche que l'on peut se demander si cette roche n'est pas très récente.

c. — Massif méridional.

α. **Pays Bara.** — Je dois au P. Muthuon une labradorite (intrusion ou coulée au milieu d'une région gneissique) provenant du mont Vohidahy sur le ruisseau Andranoambo à 4 kilomètres Nord-Est d'Ambalavao.

M. J. Giraud m'a dit avoir vu d'abondants bloc de basalte dans le lit de l'Ivahona, à l'Ouest d'Ampasimainty (Sud de Betroka). Aucun échantillon de ces roches n'ayant été recueilli, je donne cette indication sous réserve en ce qui concerne leur nature exacte.

β. **Androy.** — En cherchant à interpréter la carte topographique à l'aide de renseignements insuffisants, M. Gautier a décrit [292] ce qu'il a appelé le volcan Antandroy : « Cratère de 25 kilomètres de diamètre au centre duquel se dresse un énorme culot de basalte, qui atteint 800 mètres d'altitude (Ivohitsombe), les bords du cratère, c'est-à-dire la muraille du cirque, ont cette même altitude approximative, le fond du cratère, le sol du cirque étant en moyenne à 300 mètres. »

Cette citation qui est passée dans un grand nombre d'ouvrages de géologie, où le cratère de l'Androy est cité comme un des plus grands du monde, montre le danger des généralisations qui ne sont pas basées sur une étude approfondie du terrain ; en réalité, il n'y a rien là qui ressemble à un cratère. Cette disposition

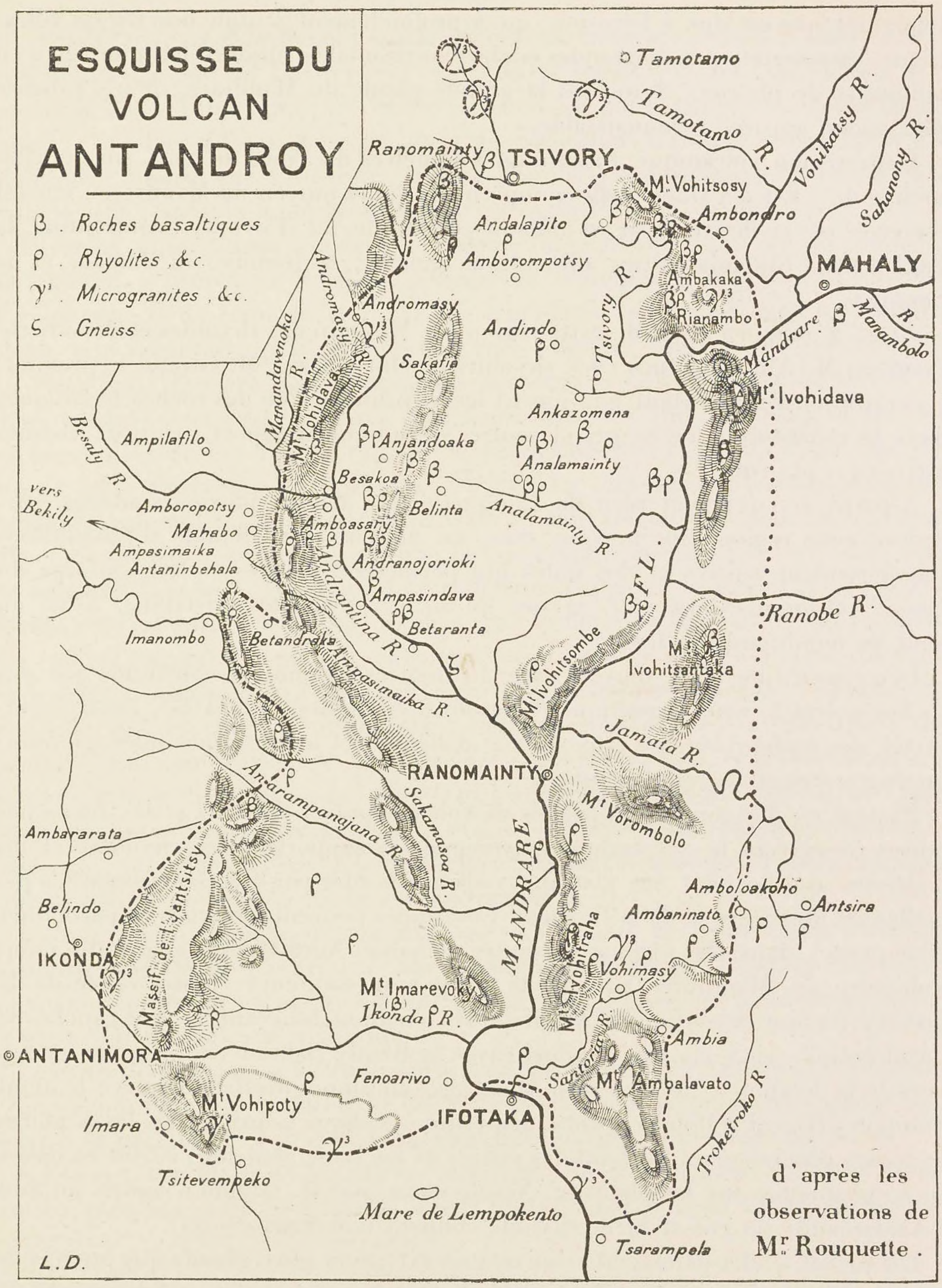


Fig. 7. — Massif volcanique de l'Androy.

topographique est due à l'érosion, qui a profondément sculpté une région volcanique, caractérisée par de grandes coulées horizontales, aujourd'hui morcelées en lambeaux de plateaux dominant la grande plaine du Mandrare ; il n'y subsiste plus aucun appareil reconnaissable.

Cette région volcanique mesure 90 kilomètres du Nord au Sud, sur 60 kilomètres de l'Est à l'Ouest ; elle comprend le cours moyen du Mandrare ; elle est traversée par ce fleuve et par ses affluents de droite, la Tsivory, l'Andrantina, la Sakamasoa, l'Ikonda et ses affluents de gauche, la Ranobe, le Jamata et la Santoria.

Catat a rapporté jadis de cette région au Muséum des rhyolites et des microgranites, M. Alluaud (1901) des rhyolites (Ivohitsombe) ; M. Giraud le premier, a montré le rôle important que jouent les rhyolites à côté des roches basaltiques dans la constitution de ce grand centre volcanique (Rapport inédit de mission 1910-1911 et [195]).

A partir de 1911, j'ai reçu de Rouquette qui, depuis plusieurs années, parcourait cette région dans tous les sens, un nombre considérable d'échantillons soigneusement repérés et des notes qui permettent de dresser les contours du massif volcanique posé (fig. 7) sur un socle de schistes cristallins, à vif au fond de nombreuses vallées.

Deux séries de laves doivent être distinguées : l'une est constituée par des roches noires à facies basaltique (labradorites, basaltes, diabases), l'autre comprend des roches blanches (rhyolites et dellénites et leurs formes microgrenues, microgranites et micromonzonites).

Partout où des coupes ont permis de voir en contact ces deux séries, les roches noires recouvrent le substratum gneissique et supportent les rhyolites et les dellénites qui forment des plateaux souvent bordés par des escarpements à pic (vallée du Mandrare et de la Tsivory). Ces coupes peuvent être vues en particulier (Rouquette) dans les régions suivantes : chaîne Nord-Ouest, allant du mont Vohitsosy au Mandrare (labradorite jusqu'à mi-hauteur) ; basse vallée de la Tsivory (falaise rhyolitique d'Andalapito) ; chaînon longeant la rive gauche de l'Andrantina, vis-à-vis son confluent avec la Besaly (labradorite jusqu'aux deux tiers de la hauteur) ; le cours du Mandrare en amont de Ranomainty ; le mont Vohipotsy (Ouest d'Ifotaka). Cette disposition explique pourquoi les laves noires se voient généralement au fond des vallées et les laves blanches, à délit en dalles ou en plaquettes, sur les plateaux. Notons enfin que M. Giraud a signalé au Sud d'Analamainty un gros dyke de rhyolite coupant une diabase [195].

Les roches acides paraissent avoir eu une extension plus grande que les roches basaltiques. On les voit en effet en de nombreux points (surtout à la périphérie

du massif) reposer directement sur les gneiss ou traverser ceux-ci ; îlots micro-granitiques du Sud de Tsivory (sur la route d'Isoanala) et du Nord-Ouest (au voisinage de la Tamotamo ; il existe aussi en ce point quelques roches basaltiques) ; à l'Est d'Imanombo, et dans le Sud-Ouest d'Ifotaka (rive gauche du Mandrare), puis, sur l'itinéraire Ifotaka-Vohimasy-Ambaninato-Amboloakoho-Antsira, etc. ; enfin le mont Ivohitsombe est exclusivement rhyolitique.

Diverses observations apportent quelque lumière sur l'âge des éruptions[1]. M. Giraud a trouvé au Nord-Nord-Ouest de Ranomainty (croisée du chemin d'Imanombo et de celui de Tsivory) une labradorite intercalée dans un calcaire blanc, non fossilifère, qu'il assimile aux grès calcaires aquitaniens (ou éocènes) du Faux-Cap. D'autre part, Rouquette m'a signalé des exemples de dykes de rhyolites dans ces mêmes calcaires (une demi-heure au Sud d'Ifotaka), et des cas où les coulées de ces roches recouvrent ces sédiments, notamment au Sud du massif, entre Tsitevempeko, Lempokento et Ifotaka. Ces éruptions ont donc débuté pendant l'Aquitanien (ou l'Éocène), mais on ne peut rien dire de plus. En tout cas, elles ne sont pas très récentes puisque la topographie montre que les vallées ont été creusées dans leurs laves, qu'il ne reste aucun appareil extérieur et qu'aucune coulée ne s'est épanchée dans le fond, ni sur le flanc de ses vallées. La position des centres éruptifs n'a pu être encore déterminée avec précision, mais ils sont évidemment multiples, si l'on en juge par la distribution des dykes basiques et par celle des brèches au milieu de cinérites résultant de l'accumulation de produits acides de projection. Ces derniers ont leur structure originelle masquée par une intense silicification qui les a transformés en roches très résistantes (Sud de Ranomainty, Amboloakoho, Ambia, etc.); c'est à ces mêmes phénomènes d'altération que sont dues les concrétions de quartz et de calcédoine qui abondent dans toute la région rhyolitique (Ifotaka en particulier).

L'étude microscopique de ces brèches m'a permis de trouver une nouvelle démonstration de la postériorité des rhyolites aux roches basiques ; de petits fragments de ces dernières en effet sont fréquemment englobés dans ces produits de projection des volcans rhyolitiques.

La carte (fig. 7) donne les contours actuels du massif de l'Androy, l'érosion en a sans doute réduit la surface, car des îlots volcaniques se trouvent aujourd'hui isolés à sa périphérie. J'ai parlé plus haut de ceux qui se trouvent au Nord.

A l'Ouest, des filons de basalte se rencontrent à 8 kilomètres Ouest d'Antanimora, puis aux environs d'Isafary, sur la route d'Anaralamoka. Quelques centres

1. Rouquette m'a communiqué des échantillons de troncs d'arbres silicifiés qu'il a recueillis près de Ranomainty, dans les tufs de rhyolite ; ils ne permettent malheureusement pas de dater ceux-ci.

volcaniques se trouvent sur le bord Nord-Ouest de l'Androy, au voisinage plus ou moins immédiat du pays Mahafaly. Il existe en effet, des limburgites et des basaltes entre Bekily et Bekitro et près de cette dernière localité, à Mikaikarivo.

Rouquette m'a communiqué une collection de roches provenant de coulées de rhyolites de plusieurs kilomètres d'étendue, observées sur la rive gauche de la Beandry et enfin de dykes de basalte trouvés en amont du confluent de cette rivière et du Menarandra (voir la carte de la figure 2).

A l'Est du massif, des basaltes doléritiques se trouvent au Sud de Mahaly, des rhyolites à Antsira (Est d'Amboloakoho) sur des cipolins ; des basaltes existent encore dans la vallée du Manambolo [sommet du plateau (1 950 mètres) d'Andohaela, entre les vallées du Manambolo et du Manampanihy], du Ranofotsy (entre Ranopiso et Mahatsinjo, Ambatobe, du Haut Mandrare [col de Beampingaratra ; entre Mahery et Ambero, puis à Ranogisy (près d'une source thermale) et à Ambohibory] et de la Manangara (affluent du Mandrare) entre Manahalo, Elakelaka, Tsilamaha ; enfin, plus à l'Est encore, dans la haute vallée du Manampanihy au col de Fitama.

Reste la question de la distribution géographique des divers types pétrographiques correspondant aux deux groupes de roches, basiques et acides, signalés plus haut. Si l'on en excepte une labradorite à grands cristaux de labrador, localisée à l'Est de Tsivory, les divers types de roches basiques paraissent distribués assez uniformément. La différence existant entre labradorites et basaltes d'une part et diabases de l'autre n'est que de nature structurale, elle résulte de variations dans les conditions de consolidation de coulées ou de dykes plus ou moins épais. Les roches dominantes sont dépourvues d'olivine, celles qui contiennent ce minéral se rencontrent surtout dans l'Ouest, entre Tsivory et Imanombo.

Quant aux roches acides, elles se rapportent à deux groupes, l'un nettement alcalin qui domine, au moins dans les collections que j'ai étudiées, l'autre plus ou moins plagioclasique ; tous deux renferment des roches microgrenues, qui paraissent former des dômes ou de gros dykes. Les échantillons que j'ai examinés proviennent de la périphérie du massif ; les microgranites alcalins près de Tsivory, puis entre Ifotaka et Antanimora ; les microgranites à plagioclase et les micromonzonites dans la région de Tamotamo, sur la rivière Vohimasina (micromonzonites à fayalite) et la région d'Ikonda.

Le type dominant, uniformément réparti, est constitué par des rhyolites se délitant en grandes dalles ; avant quartzification ces roches ont dû être très vitreuses ; elles renferment des lits sphérolitiques et deviennent même parfois de véritables pyromérides (Ivohitsombe). Quand elles ne renferment pas de phéno-cristaux, il n'est pas possible, sans analyse chimique, de distinguer celles qui sont alcalines

de celles qui renferment suffisamment de chaux pour permettre la production éventuelle de plagioclase ; aussi est-ce sous réserve que j'émets l'opinion que c'est le type alcalin qui prédomine ; l'erreur, si erreur il y a, ne sera d'ailleurs pas très grande, car ces deux types sont extrêmement voisins l'un de l'autre. Ces deux catégories de rhyolites renferment l'une et l'autre une variété riche en phénocristaux de quartz et d'orthose (région de Tsivory) ou bien de quartz et de plagioclase (entre Anjandoaka et Belinta). Ces feldspaths sont rosâtres et non vitreux, ce qui donne à la roche l'aspect d'un porphyre quartzifère ; je ne connais pas quelles sont les relations sur le terrain de ces rhyolites porphyriques et des rhyolites en dalles.

Il faut noter ici un type pétrographique remarquable et spécial à l'Androy, la dellénite noire vitreuse, à phénocristaux de fayalite (Ambaninato). Enfin, pour terminer, notons les pechsteins noirs, généralement pourvus de phénocristaux de plagioclase, qui, au moins en partie, constituent des filons (Nord-Ouest de Tsivory, sur la route d'Isoanala, etc.).

γ. **Pays Mahafaly.** — Enfin, sur la bordure du Massif cristallin et non loin des formations sédimentaires, il faut signaler les quelques pointements basaltiques du Fetraomby, au Nord d'Ampanihy, sur la route d'Ejeda et, à son Nord-Est, d'entre la Linta et la Manakaralahy.

On a vu page 108 qu'à la limite Nord du pays Mahafaly, il existe des labradorites (Menarandroy), non plus sur le gneiss, mais dans le Crétacé. Au point de vue magmatique, toutes ces roches doivent être comparées aux types similaires de l'Androy.

D. — *Roches volcaniques d'âge récent et roches d'âge indéterminé de la côte orientale.*

Le bord même de la côte orientale est, en divers points, garni de roches volcaniques en relation très évidente avec le grand accident tectonique qui a déterminé sa direction Nord-Nord-Ouest, à partir du cap Masoala. Mais leur connais sance est fort imparfaite et leur âge indéterminé (au moins post-sénonien et peut-être très récent).

Baron a fourni quelques documents [110] sur la région située au Nord de Fénérive ; je n'ai suivi la côte qu'entre cette ville et Tamatave. Sur tout le reste, j'ai amassé beaucoup de documents, mais ils consistent surtout en roches recueillies par divers voyageurs et elles ne sont souvent accompagnées d'aucune observation

géologique ; il faut cependant en excepter celles que je dois à M. Perrier de la Bathie et à M. Rouaix. L'étude de cette région est d'ailleurs rendue fort difficile par diverses causes. La zone côtière est basse et humide, couverte d'une végétation intense ; les roches y sont souvent profondément altérées, par suite les observations géologiques sont fort ardues. Dès qu'on s'éloigne notablement de la côte, on trouve la forêt et là, généralement, toute recherche précise est à peu près impossible, sauf dans le lit des torrents, quand ceux-ci sont praticables.

Enfin, à ces difficultés dues au terrain et au climat, s'en ajoute une autre, de nature géologique. La région cristallophyllienne comprise entre la côte et la grande falaise est généralement traversée par d'innombrables dykes de roches basiques à facies diabasique et de roches connexes. Parmi toutes ces roches, il faut établir deux groupes, la mise en place de l'un est certainement antérieure aux actions tectoniques qui ont déterminé l'effondrement des compartiments situés dans le voisinage de la côte ; ces diabases sont ouralitisées, riches en épidote, souvent mécaniquement déformées ; elles se transforment en schistes amphiboliques. L'autre groupe est constitué, au contraire, par des roches parfaitement fraîches (diabases, diabases intersertales, labradorites) ; elles sont certainement postérieures aux accidents tectoniques et leur venue est très probablement en relation avec eux ; ces roches présentent une analogie lithologique, on pourrait même dire souvent une identité complète avec les roches nettement volcaniques de la côte. Faut-il les considérer comme indépendantes, plus anciennes, ou comme liées génétiquement à celles-ci, comme constituant parfois même des cheminées d'émission de coulées enlevées par l'érosion et, dans ce cas, ne sont-elles pas contemporaines des roches identiques comme composition et comme structure ?

Enfin, il me reste à signaler des roches volcaniques dont la fraîcheur irréprochable tranche avec l'altération si fréquente des précédentes et que, pour cette raison, il est légitime de considérer comme plus récentes ; elles ont d'ailleurs une tout autre composition. Ce sont des ankaratrites[1] noires, à grands cristaux jaunes d'olivine ; elles forment un mamelon bas, orienté Est-Ouest dans la vallée du Manambery (au pied du mont Mahariba) à l'Ouest-Sud-Ouest d'Ampondro et aussi une coulée à l'Est d'Antsatrana entre le massif d'Analalava et Manakana (région de l'Ampanobe).

1. Il existe sur de nombreux points de la côte orientale des ponces blanches de dacitoïde à hypersthène provenant de la grande éruption explosive (26 août 1883) du Krakatoa, dans l'archipel de la Sonde. Elles arrivèrent à Saint-Paul (Réunion) le 21 mars 1884 après un trajet maritime de 5000 milles effectué en 206 jours ; certains blocs avaient $0^{m3},25$ (*C. Rendus*, t. 98, 1884, p. 1302). Ils parvinrent en septembre sur la côte malgache [116] ; on en vit une énorme quantité à Tamatave à la suite du cyclone du 25 février 1885, puis aux Comores.

Reste à interpréter ces données. Se basant sur ce double fait qu'il a rencontré des dykes, mais n'a pas vu d'appareils extérieurs conservés, Baron a expliqué cette énorme accumulation de laves par des éruptions fissurales ayant donné des coulées épaisses à structure ophitique.

Il me semble prudent de ne pas suivre Baron dans une telle généralisation, basée sur une exploration de quelques jours. D'ailleurs une partie de ses conclusions ne semblent pas confirmées par les recherches ultérieures. M. Perrier de la Bathie a signalé [209] entre Sahambava et Antalaha, des cônes basaltiques très dégradés qu'il considère comme devant être classés parmi les plus anciens des appareils volcaniques de surface que l'on puisse observer dans l'île. Ces volcans pourraient bien être postérieurs aux diabases voisines. Ils semblent s'être affaissés depuis leur formation, avec la région avoisinante, car quelques-uns de ces appareils sont maintenant cachés sous les flots et la mer envahit les dépressions cratériformes les plus orientales. Rappelons ce qui a été exposé plus haut, à savoir que ces coulées volcaniques sont loin d'être homogènes au point de vue lithologique et qu'elles résultent très probablement d'une longue série d'éruptions successives. Pour n'être probablement pas très anciennes, la plupart[1] de celles-ci ne sont certainement pas fort récentes. La région porte des traces d'une érosion profonde et, de ce qu'il n'y a plus ou de ce qu'il n'y a que peu d'appareils reconnaissables, il ne s'en suit pas nécessairement qu'il n'en ait jamais existé. Baron lui-même, d'ailleurs, signale des tufs rhyolitiques et basaltiques, attestant des phénomènes explosifs.

Ces laves ne sont-elles pas contemporaines de celles qui se trouvent dans les formations sédimentaires mésozoïques de l'Ouest? Ou bien ne sont-elles pas contemporaines des roches, similaires encore, qui constituent les coulées et les dykes post-aquitaniens de l'Androy? Ici, aucun sédiment ne recouvre les schistes cristallins et dans la région de Mananjary les relations de roches analogues avec des lambeaux crétacés sont incertaines (voir page 139); l'on ne peut donc que poser ces diverses questions.

Pour ma part, je considère toutes ces roches éruptives, qu'elles soient filoniennes ou épanchées, comme magmatiquement liées les unes aux autres, sans qu'il soit nécessaire d'admettre qu'elles appartiennent à une seule période éruptive, mais il ne me paraît pas prudent d'en dire davantage. Je me contenterai donc d'exposer (en allant du Nord au Sud), les données que j'ai pu réunir au sujet de leur distribution géographique.

1. Il est fort important de faire remarquer l'identité de composition et de fraîcheur des ankaratrites de la côte orientale et de celles de l'Ankaratra.

α. **Région volcanique du Nord-Est.** — Cette région côtière s'étend du Nord de Vohémar au Sud d'Antalaha. La première notion sur l'existence de ces roches volcaniques est due à Baron ; grâce à MM. Rouaix et Perrier de la Bathie, je puis compléter ces données préliminaires.

De Vohémar jusqu'à la Mahanara et particulièrement dans le voisinage d'Amboanio, il existe deux séries d'éruptions : 1° des coulées basaltiques, généralement assez altérées ; ce sont des labradorites noires, brunes ou rouges, compactes ou vacuolaires, avec localement des amygdales de calcédoine dont la couleur verte a fait croire à l'existence de cuivre et de zéolites (Amborona, à 1 kilomètre de Vohémar, etc.).

Ailleurs, la lave est imprégnée de laumontite (Ouest d'Amboanio) ou bien de minerais cuprifères (Ambatonzanahary) ; 2° en certains points (Anse de Vohémar ; près d'Amboanio, d'Ampanobe), des coulées de rhyolites noires, grises ou rouges, compactes ou sphérolitiques, localement bréchiformes, recouvrent les basaltes précédents.

De la Mahanara à Antalaha, à l'exception d'un échantillon de rhyolite trouvé dans la collection de Baron et indiqué comme recueilli entre le Bemarivo et la Sahambava, je ne connais plus que des roches basaltiques. La route traverse des alternances d'alluvions et de mamelons basaltiques dont le développement vers l'Ouest ne peut être suivi à cause de la forêt. Le maximum de développement de ces laves a lieu au niveau du massif de la Table, au nom caractéristique. Un peu au Sud de celui-ci, à Ampahana, abondent des géodes de quartz hyalin, d'améthyste et de calcédoine. Au Sud d'Antalaha, un petit îlot de gneiss, se trouvant sur le bord de la mer, réduit l'extension des basaltes qui, plus au Sud, reprennent du développement et s'étendent vers l'intérieur à l'Ouest de Masiakandrongo pour se retrouver à nouveau vers l'Andrarona. Ces laves présentent des variations structurales nombreuses ; il existe des types très microlitiques (labradorites à labrador compactes (Andranonakoho), bulleuses (entre Andranonakoho et Masiakandrongo), doléritiques ou même diabasiques, intersertales, indice de coulées épaisses (Ambatoratsy, environs d'Ankadirano près du Lakoho ; Ambatoroa, sur rive droite et Farahalo, sur rive gauche du Lokoho). Il faut signaler aussi des variétés minéralogiques ; aux laves sans olivine précédentes sont associées, au Nord-Est d'Ampobe, des basaltes ophitiques très péridotiques, et dans les récifs d'Antalaha, des basaltes doléritiques.

Je n'ai que peu de renseignements sur la région forestière, à l'Ouest de la bordure volcanique côtière. Près des sources du Bemarivo et de son affluent de droite, l'Androranga, se trouvent des roches volcaniques qui ont été signalées page 111, car elles se rattachent nettement à celles de la haute Mahavavy.

Il me reste à signaler quelques roches éruptives d'âge indéterminé, mais certainement plus anciennes que les précédentes. 1° andésites ou trachytes andésitiques porphyriques à biotite, très altérés entre le Manambolo et le Maintialaka, au Nord de Vohémar. 2° diabases (vallée du Manambato, type leucocrate quartzifère) ; Nord d'Ampondro dans la vallée du Manambery (type ouralitisé) ; dans la vallée du Bemarivo (Andranomadio, Andranofotsy (haute vallée). 3° massif d'allivalite leucocrate accompagnée d'une diabase, d'une fraîcheur comparable à celle qui, au Fonjay, est intrusive dans le Trias.

β. **Région des dykes diabasiques.** — De la presqu'île de Masoala, au Sud d'Antalaha, jusqu'au voisinage de Vatomandry, je ne connais plus de coulées volcaniques ; mais, par contre, innombrables sont les dykes diabasiques dont les roches apparaissent dans la même région, les unes ouralitisées, les autres d'une fraîcheur comparable à celle des roches volcaniques modernes. Voici comme exemples les principaux gisements dont j'ai étudié des échantillons et dont le nombre pourrait être indéfiniment étendu.

Les environs d'Angontsy, près de l'embouchure de l'Anonibe ; dans la baie d'Antongil, Tanjona, etc. ; un peu au Sud du cap Bellone, Antseranambe (dyke à salbandes vitreuses) ; dans la baie de Tintingue, à 6 kilomètres Nord de Manompana, Ambohabe et la rivière Soamalaza (affluent de gauche du Soamianina) ; les récifs au Sud de Soanierana, vis-à-vis de l'île Sainte-Marie.

Dans la traversée que j'ai faite du lac Alaotra à Mahambo, puis à Fénérive, j'ai observé un grand nombre de dykes diabasiques dans le bassin du Maningory ; ils n'apparaissent généralement, dans la forêt ou dans la brousse, que sous forme de têtes de rochers en partie latéritisés : Ouest de Sahatavy, Ambohibe, Mahanoro, Ankoraka, Vavatenina, Ambavanala, Tsarahonenana, Anosibe (Ambatofaho), Fotsialana, Inanatoana, puis, plus près de Fénérive, massif du Vohitrambo (notamment à l'Est d'Ambatomipaka), Andafirevo (entre le Vohitrambo et Betampona), Betampona, et enfin 1 kilomètre Ouest de Fénérive. Plus au Sud, la pointe de Takoandro, le mont Ankofimamy, sur l'arête de partage des eaux du Maningory et de l'Onibe, puis, dans le bassin de ce dernier fleuve, Manakambahiny, Sahory, etc., Foulpointe. Dans le bassin de l'Ivoloina, Farafaty (à 10 kilomètres au Nord de Tamatave) et les bords du Manambero (affluent de la Mananandoza, elle-même affluent de l'Ivoloina) ; la basse vallée de l'Ivondrona.

Le long du chemin de fer de l'Est, sur la route de Tananarive à Tamatave (Ampasimpotsy, Analamazaotra, Ampasimbe, Ouest de Mahela, etc.) ; sur la route de Tananarive à Andovoranto ou à son voisinage (notamment dans la région de Moramanga (Ambohibato) ; enfin dans le lit de la Vohitra, abondent les dykes dia-

basiques, atteignant jusqu'à 20 mètres d'épaisseur ; ils sont, çà et là, coupés par des filons minces de roches compactes microlitiques de même composition.

γ. **Région volcanique de l'Est.** — Au Sud d'Andovoranto jusqu'au delà de la Mahanoro (Antetezantany près Mahanoro en particulier), les diabases sont encore extrêmement abondantes dans la région côtière. Mais il faut citer surtout dans cette région tout un ensemble de roches volcaniques d'une fraîcheur qui permet de penser à un âge très récent. Je ne connais pas la limite exacte de l'extension de ces laves vers Andovoranto ; les gisements les plus septentrionaux dont j'ai des échantillons (recueillis par M. Dropsy) s'observent au mont Vohibalaina et, entre cette montagne et Vasavasa, à environ 25 kilomètres Nord-Ouest de Vatomandry ; ce sont des ankaratrites ; elles se trouvent à une vingtaine de kilomètres de la côte sur des collines de plus de 400 mètres d'altitude.

Je dois à M. Carle des indications sur la région plus rapprochée de Vatomandry qui viennnent compléter celles que j'ai trouvées dans la collection de Baron. Entre le Sandramanongy au Nord et le Sakanila au Sud de Vatomandry, se développe, avec une orientation généralement Nord-Est, une chaîne volcanique incurvée, d'une altitude de 400 à 560 mètres ; elle est sur le prolongement des montagnes volcaniques dont il vient d'être question ; elle domine la région côtière constituée par des collines dont l'altitude ne dépasse pas 150 mètres. Il s'agit là de laves à facies basaltique, présentant de belles colonnades prismatiques (au Takarindriona par exemple qui est peut-être couronné par un cratère). Au pied de cette montagne, le substratum micaschiteux renferme un gîte de graphite. La roche est constituée par une ankaratrite mélilitique et c'est probablement des mêmes gisements que viennent les échantillons de la collection Baron, indiqués comme originaires de l'Ouest ou de l'Ouest-Nord-Ouest de Vatomandry. Mais il existe aussi des basaltes et des labradorites au delà de la chaîne côtière : Amboramanitra, Antanandava, à l'Ouest, Ampasimpotsikely, Ambohimanana, Sahanonoka, à l'Ouest-Nord-Ouest de Vatomandry.

Sur la rive gauche du Sakanila, il faut signaler enfin à Ambodinifolo, au Nord du mont Vohibolo, des rhyolites ou des dellénites très altérées, en bancs contournés, qui déterminent une chute de la petite rivière.

Dans la région de Mahanoro, se rencontrent, encore à l'Ouest, des ankaratrites au mont Antakareona ; au Nord-Ouest, des basaltes (Antsahamihana, etc.), des dellénites (à une quinzaine de kilomètres au Nord-Ouest) ; des labradorites enfin sont à signaler sur le ruisseau de Sahamandro, affluent de l'Ivakaka, près de la lagune d'Ambahy, etc.

La collection du Service des mines à Tananarive renferme un basalte provenant

d'Inanaharana, au Nord-Est d'Ampasimadinika (région d'Ambohimanga du Sud). Une dellénite sphérolitique se trouve à Farafasina, sur le Sahavato, affluent de la Sakaleona.

M. Perrier de la Bathie a signalé incidemment [209] une observation qui serait importante si elle était vérifiée ; il lui a semblé qu'à Fanivelona, les sédiments sénoniens reposent sur une diabase ; les diabases abondantes dans la vallée du Sakaleona et du Sahavelo, tout au moins, seraient donc antérieures au Crétacé supérieur et M. Perrier de la Bathie pense que cette conclusion doit être généralisée.

Sur la rive droite du bas Mananjary, près de Morafeno et à Tanimena plus près de la mer dans la direction du lac Ranobe, Geay a recueilli des dacites lithoïdes ou vitreuses. Elles sont associées à des diabases et à des labradorites augitiques ; près du lac Ranobe, à Marohita, se trouvent aussi des labradorites à facies basaltique. Dans cette région, sont connus des lambeaux d'assises gréseuses fossilifères sénoniennes ; il y aurait un intérêt capital à chercher le contact de ces roches volcaniques avec ces sédiments, ce qui permettrait peut-être d'obtenir une notion sur leur âge maximum. L'un des échantillons de dacite que j'ai trouvés dans la collection de Geay renferme des enclaves d'une roche noire, compacte, non fossilifère, riche en grains de quartz clastique qui est probablement un débris de ces sédiments crétacés. Il est donc vraisemblable que ces éruptions sont post-sénoniennes, mais il serait intéressant de le démontrer d'une façon définitive ; si cette observation et celle de M. Perrier de la Bathie, citée plus haut, étaient vérifiées, il en résulterait la preuve que la mise en place des dacites est plus récente que celle des diabases.

Plus au Sud, à la base orientale de la montagne gneissique de Vatovavy, arête du partage des eaux du Mananjary et du Namorona, se trouvent de puissants dykes qui sont peut-être le point de départ des coulées de labradorites et de dellénites épanchées d'Antsenavola jusqu'aux environs de Mananjary. J'ai examiné des roches du même genre provenant du voisinage (Ambodiakatra) et aussi des labradorites doléritiques (Tsararano). Il faut citer enfin des diabases dans la haute Maha, affluent de gauche du Mananjary.

Entre le Sahabe et Loholoka se trouvent des coulées de labradorite riches en zéolites ; il en existe aussi à Amikoala, à 8 kilomètres au Nord de Manakara.

Au Sud du bassin du Mananjary, les diabases filoniennes paraissent abonder dans le bassin de la Matitanana ; dans la vallée de ce fleuve, je citerai le Sud de Vohipeno (entre Ambinanimanana et Loharano), Ambalagavo (rive droite), l'Ouest de Mahabe. Au mont Vohiloza, ces mêmes roches sont accompagnées d'une dellénite semblable à celle d'Antsenavola ; d'après M. Perrier de la Bathie,

cette montagne affecte la forme d'un cône volcanique ; en tout cas ses laves sont certainement effusives.

Une labradorite à grands cristaux de labrador existe enfin à Vohitindry, sur la rive droite de la Matitanana, ainsi qu'à Karianga, sur la rive droite de la Rienana, affluent de ce fleuve. Dans la vallée de cette rivière, des diabases constituent des filons à Antanankarena, et à Malamavato, elles passent à des gabbros. J'ai étudié une rhyolite recueillie aux sources de l'Andranomavo, affluent de la Matitanana.

Entre Vohipeno et Vangaindrano, se développe, à une distance moyenne de 5 kilomètres de la côte, dont elle est séparée par des lagunes et des sables, une chaîne volcanique ayant de 5 à 15 kilomètres de largeur. Elle s'incline lentement vers l'Est et finit plus ou moins brusquement du côté de l'Ouest par un ressaut dominant d'une cinquantaine de mètres les collines ondulées gneissiques du voisinage (Tsararano, à l'Ouest de Farafangana). Les laves de cette région sont, en général, des labradorites et des basaltes compacts ou doléritiques, mais il existe aussi des types à grands phénocristaux de labrador (embouchure du Manambato, puis entre ce point et le Mananivo). M. Perrier de la Bathie m'a signalé à Marovary (Nord d'Ankarana) une coulée de basalte de 30 mètres d'épaisseur reposant sur des gneiss et recouverte elle-même par des schistes et des grès qui supportent à leur tour une épaisse coulée de labradorite, superficiellement latéritisée. En l'absence de fossiles, il n'est pas possible de dater ces éruptions, mais l'existence de sédiments crétacés plus au Nord ne doit pas être perdue de vue et fournit peut-être une indication sur l'âge d'un grand nombre d'éruptions de la côte orientale.

Près de Vangaindrano, sur la Mananara, ces mêmes laves sont remarquablement riches en géodes de calcédoine et de zéolites ; elles ont été reconnues plus au Sud à Taratasy et près de Vohipanano, où elles forment des brisants sur le rivage.

Cette monotonie pétrographique disparaît à partir d'Ambatomena (embouchure du Masihanaka), puis au Sud, à Marokiby et à Mahabetroky, où se rencontrent à nouveau des dellénites. J'ai étudié aussi une rhyolite alcaline provenant de l'embouchure du Manambondro. Enfin, des basaltes, plus ou moins diabasiques, réapparaissent au Nord de Sandravinany et notamment à Mahazarieka (embouchure de l'Isandra) et, plus au Sud, dans la région de Manantenina. Tous ces gisements se trouvent le long de la côte ; il serait intéressant d'explorer la région située à l'Ouest et sur laquelle je n'ai aucun renseignement.

Il semble seulement, au moins dans le bassin de la Manampatra, que les dykes de diabase, si abondants plus au Nord, soient exceptionnels (Mahazoarivo) au milieu des gneiss, entre la chaîne volcanique et la falaise inférieure.

E. — *Volcans des Comores.*

L'Archipel des Comores est entièrement volcanique : on connaît peu de choses sur sa constitution intime, Max Bauer seulement a publié [114] une diagnose minéralogique des roches qu'y a recueillies le voyageur Voeltzkow. Je n'ai personnellement fait que longer une partie des côtes de Mayotte et de Pamanzi, avec escale à Dzaoudzi, où j'ai réuni d'intéressants échantillons ; mais le regretté gouverneur F. Foureau (1907) et, plus tard, l'administrateur en chef Garnier-Mouton, puis tout récemment M. Pobéguin ont bien voulu faire recueillir systématiquement des roches dans tout l'archipel ; l'étude de ces documents, joints à ceux d'autres provenances, m'a permis de donner une idée d'ensemble [150] sur la constitution minéralogique de cette région ; elle sera exposée dans le tome II.

Si l'on excepte les champs de laves modernes de la Grande Comore et aussi les petites îles Pamanzi-Dzaoudzi, les recherches géologiques sont très difficiles aux Comores ; les tufs basaltiques y prédominent et ces roches poreuses, plus encore que les coulées, sont profondément altérées ; elles fournissent alors un sol d'une grande fertilité, expliquant l'intensité de la végétation tropicale qui cache presque partout le sous-sol.

Sauf à la Grande Comore, la forme des appareils n'est plus distincte. Les roches basaltiques dominent, elles sont accompagnées de tuffs palagonitiques ; mais on y trouve aussi quelques roches de composition différente.

Moheli. — A Moheli, le type dominant parmi les roches noires est feldspathique [M'leguete, Ouani, Bandani, Bandamele, près Fomboni, Miremani (avec grands cristaux de hornblende), îlot Djumadjini] ; il existe aussi des types limburgitiques (près Fomboni, Mgudjubueni, Miremani), des néphélinites à olivine (Ouest de Fomboni) ; Max Bauer a cité aussi, entre Kangani et Iconi, une néphélinite doléritique. Il faut indiquer enfin, d'après le même auteur, une phonolite à Miremani et une andésite augitique à l'îlot Djumadjini.

Anjouan. — A Anjouan, les basaltes abondent [Patsy, région de Bambao, Pomoni (basalte à plagioclases] ; des phonolites se rencontrent entre Patsy et Mutsamudu, une andésite à hornblende à Domoni. J'ai signalé il y a quelques années [26], dans les tufs de l'île, de gros fragments de cristaux d'andésine, d'anorthose, de hornblende, d'augite et d'olivine provenant certainement de la désagrégation d'enclaves homœogènes et aussi de cristaux de zircon, d'un

rouge orangé, semblables à ceux qui abondent à Madagascar dans les mêmes conditions et dont l'origine est granitique. Cette observation doit être rapprochée de l'existence, dans les scories de Dzaoudzi, de blocs de monzonite quartzifère indiquant que les volcans des Comores doivent reposer sur un socle immergé de roches non volcaniques.

Mayotte. — Les laves de Mayotte sont particulièrement altérées. A côté de basaltes, des néphélinites (Dzoumagné), des roches blanches à affinités trachytiques (récif de l'Ile Blanche près Tirini), je signalerai une andésite à hornblende (Tirini Magi Mbini).

L'îlot de Dzaoudzi est une accumulation de scories basaltiques, de cendres et de ponces trachytiques ; les premières renferment des blocs de tinguaïte. Enfin, l'île de Pamanzi a la même constitution ; les tufs trachytiques constituent en particulier la pointe Nord et le cratère de Ziani ; ils sont imprégnés de calcite qui forme aussi des tufs blancs, à aspect crayeux, produits de sources thermales bicarbonatées[1]. Les tufs trachytiques de Ziani contiennent des blocs de basaltes et de luscladite.

Les roches basaltiques feldspathiques de l'Archipel sont assez variées (Cf. tome II). Les types les plus fréquents sont mésocrates ; on peut y distinguer deux variétés, la première est pauvre en olivine ou ne renferme pas ce minéral (Badjini : Tsinimoichango, Kourani ; Bambao : Moroni ; Oussivo : région d'Itsandra). Une autre variété renferme en quantité plus ou moins grande des phénocristaux d'olivine avec (Badjini ; Dembeni) ou sans (Bambao ; Mitsondji) phénocristaux d'augite ; ce type passe progressivement à des basaltes mélanocrates très riches en gros cristaux d'olivine et d'augite.

Grande Comore. — L'activité éruptive est depuis longtemps localisée à la Grande Comore. La carte topographique reproduite ci-contre permet de se rendre compte de la structure du grand volcan dont les déjections constituent toute l'île.

1. D'après une analyse faite autrefois à l'École des Mines, l'eau du lac de Ziani qui se trouve au niveau de la mer, renferme 42gr,88 de résidu sec par litre, dont 21gr,48 de bicarbonate de sodium avec beaucoup de NaCl.

Il existe aussi dans le Nord-Est de l'île, à 4 ou 5 mètres au-dessus du niveau de la mer, des tufs calcaires avec empreintes de feuilles de plantes actuelles. Il me reste à signaler des lambeaux de calcaire zoogène, formé par des foraminifères, des débris de polypiers, de mollusques, d'algues calcaires, avec des fragments d'augite, hornblende, plagioclases, magnétite, etc. C'est une roche de formation actuelle identique à celles qui sont si fréquentes sur les côtes bordées, comme aux Comores, par des récifs coralliens.

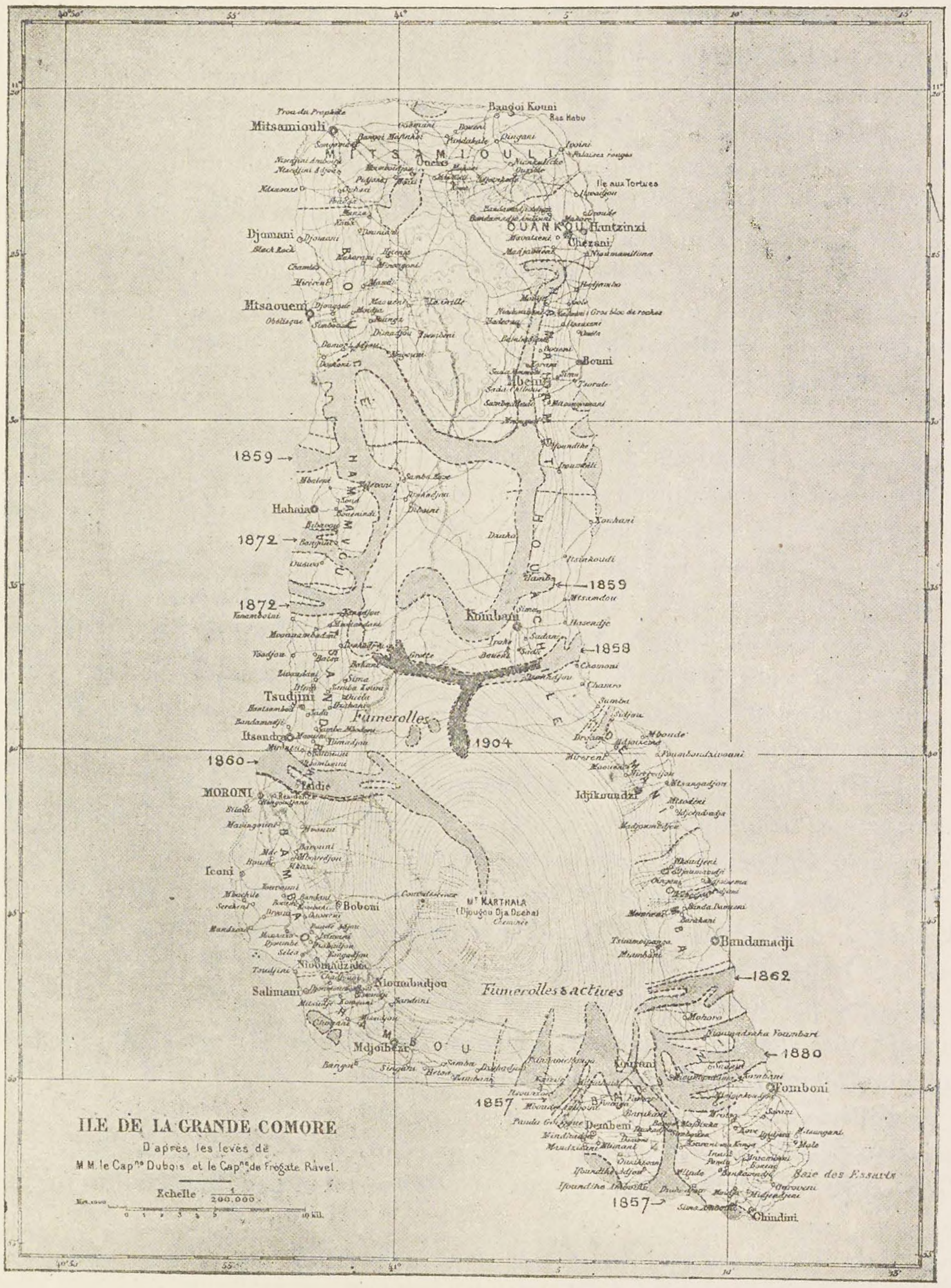


Fig. 8. — Principales coulées récentes de la Grande Comore.

Son ossature principale est constituée par le volcan Karthala, qui dresse sa cime à 2 560 mètres d'altitude. De ce centre, sont partis dans toutes les directions des flots de laves basaltiques aujourd'hui recouverts, à l'exception des plus récents, par une luxuriante végétation tropicale : j'ai reproduit (fig. 8) les principaux d'après des indications que je dois à M. Cartron, ancien résident dans l'île. Ces laves étaient très fluides. Les coulées cordées sont fréquentes, elles renferment (Nioumbadjou) des tunnels de lave avec stalactites rappelant celles de la Réunion et de Hawaï. L'île est parsemée d'un très grand nombre de petits cônes parasites intacts ou démantelés ; dans la région de Moroni, il existe des cônes à cratère à un niveau voisin de celui de la mer (Iconi, M'bachilé, environs d'Itsandra) et aussi à une altitude supérieure [M'vouni (400 mètres)]. Au Nord du mont Karthala se développe un plateau atteignant environ 400 mètres, en partie couvert par des laves plus anciennes, très chaotiques, dénudées ou couvertes d'une pauvre végétation.

Bien que les éruptions du Karthala aient été fréquentes au siècle dernier et qu'il s'en soit produit une en 1904, aucun détail précis n'était connu sur le dynamisme de ce volcan ; les détails qui suivent constituent l'interprétation des documents que j'ai réunis [156] sur un dernier paroxysme datant d'août 1918. J'en ai eu connaissance grâce à M. Ch. Legros, habitant depuis de longues années Nioumbadjou, sur le flanc sud-ouest du Karthala, et qui a tenu un journal des événements dont il a été le témoin. En me communiquant ses notes, M. Legros a bien voulu les compléter par des indications verbales, des photographies et des échantillons lithologiques.

Le Karthala est essentiellement formé par l'accumulation de coulées[1] ; il est couronné par un majestueux cratère de lave. La description qu'en a publiée en 1906 le voyageur A. Voeltzkow[2] comparée aux indications fournies par M. Legros permettent d'apprécier les modifications apportées par l'éruption récente. Ce cratère est irrégulier ; il présente des étranglements lui donnant vaguement l'aspect d'une feuille de trèfle ; il mesure 4 kilomètres de plus grand diamètre, du Nord au Sud. Il est bordé par des falaises à pic de lave noire, dominant de 150 à 200 mètres un fond plat couvert de coulées horizontales, fragiles, se débitant superficiellement en grandes dalles. La lave incandescente est donc venue jadis baigner le pied même de ces falaises. Si on laisse de côté tous les détails qui ne sont pas indispensables à la compréhension de ce qui suit, il suffira d'ajouter qu'au début d'août 1918, cette plaine de lave était creusée en son milieu d'un gouffre mesurant

1. Comme à l'Etna, les éruptions radiales sont presque la règle ; elles s'effectuent par des fissures dont l'altitude oscille entre 1 800 mètres et 600 mètres. Des fumerolles actives se trouvent sur le flanc sud-est de la montagne.

2. Voeltzkow. Die Comoren, *Z. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin*, n° 6, 1906, p 621.

environ 500 mètres de diamètre et 100 mètres de profondeur. Ce gouffre, aux parois verticales, était entaillé dans la lave, son fond garni par une nappe de lave horizontale semblable à celle du fond du grand cratère : c'est là un type de *cratère-citerne* (pit crater) ; on n'y distinguait pas trace d'activité. Il me reste à signaler qu'il n'est possible de pénétrer dans le grand cratère du Karthala que par une échancrure ouverte dans sa paroi septentrionale et par laquelle s'est épanchée, en 1860, une grande coulée qui est descendue jusqu'à la mer, entre Moroni et Itsandra.

Arrivons à l'éruption de 1918. Elle a débuté brusquement, sans indices prémonitoires notables, dans la nuit du 11 au 12 août. Le 11, à 22^h 30^m, d'intenses phénomènes lumineux, observés sur le flanc nord du Karthala, annonçaient l'ouverture d'une bouche éruptive, à l'altitude de 1980 mètres, à environ 600 mètres au-dessus de celle de l'éruption de 1904 (Msirontsouzi). Pendant 3 jours, la lave s'est écoulée, longeant du côté de l'Est la coulée de 1904, c'est-à-dire suivant à peu près une direction Nord-Sud ; une branche s'est dirigée à l'Est vers Idjikoundzi. Trois petits cônes de lave, d'une dizaine de mètres de hauteur, jalonnent la fente, qui ne présente pas plus de 0^m,80 de largeur. Ces diverses ouvertures n'ont pas fourni de cendres, mais seulement quelques scories irisées, très légères et surtout des larmes de verre, fragiles et sonores, qui sont parfois restées accrochées aux branches des bruyères arborescentes du voisinage, incomplètement carbonisées. Cette description rappelle ce que j'ai vu aux alentours des fissures du sommet du Piton de la Fournaise à la Réunion ; elle ne laisse aucun doute sur le caractère *hawaïen* de cette émission tranquille de lave : il semble que l'éruption de 1872 lui ait été comparable à ce point de vue, tandis que l'existence de cônes de scories jalonnant les fentes des éruptions de 1857, 1858, 1859, 1862, 1880, 1904, sans parler de celles de nombreuses éruptions non datées, montre que ces paroxysmes ont été accompagnés d'explosions stromboliennes.

La coulée elle-même présente deux aspects distincts ; la surface de sa partie occidentale est formée par des accumulations de blocs scoriacés, c'est la forme en *gratons*[1] ; ailleurs, elle est constituée par des dalles légères, souvent redressées pour avoir chaviré dans le courant qui les entraînait (*tsaho* des Comoriens).

Jusqu'alors le cratère central était resté muet ; dès le début de l'épanchement de lave, de petites secousses sismiques inoffensives avaient été constatées sur les

1. Depuis les travaux de J. Dana, l'usage s'est introduit de désigner ce type de coulée sous le nom de *pahoe-hoe*, d'un nom local utilisé par les indigènes d'Hawaï ; il me paraît plus logique d'employer l'expression de *graton*, en usage à la Réunion depuis le XVIIIe siècle et utilisée, en 1802, par Bory de Saint-Vincent dans sa description du volcan de cette île.

flancs du volcan ; elles se sont répétées jusqu'au 23 août ; ce jour-là, à 9^h 15^m, une secousse violente a été ressentie dans toute l'île et au delà, jusque dans l'île de Moheli ; le 25, le phénomène s'est renouvelé, sous forme de secousses plus prolongées (1^h, 5^h, 7^h, 7^h 10^m, 7^h 20^m), puis, à 7^h 30^m, une énorme colonne de cendres d'un noir bleuâtre, aux volutes épaisses et rapides, sortait du cratère central et, pendant 10 minutes, prenait ampleur de plus en plus grande. Une chute de cendres très fines ne tardait pas à saupoudrer un large secteur limité, à l'Ouest-Nord-Ouest du volcan (Boboni, Mvouni, Moroni). Le 26, à 16^h 25^m, le phénomène se répétait ; la hauteur de la colonne de cendre a été estimée à deux fois la hauteur du volcan, c'est-à-dire à plus de 5 000 mètres ; de mémoire d'homme, pareil spectacle n'avait été vu dans l'île. A 18^h 30^m, des éclairs sillonnaient la nuée et des détonations jetaient l'épouvante dans le pays. Le phénomène avait cessé à 20^h ; à 21^h 30^m, le sommet du Karthala était dégagé et, au clair de la lune très brillante, on pouvait voir le nuage de cendres quitter la montagne, entraîné vers le Nord-Ouest. L'éruption était terminée, sauf quelques secousses de tremblement de terre qui se répétèrent jusqu'à la fin du mois. Pendant la durée de ces phénomènes explosifs, la fissure et les petits cratères de lave des flancs du volcan n'avaient donné que quelques vapeurs.

Il me reste à interpréter ces phénomènes explosifs.

Le caractère des explosions au cratère central a été incontestablement vulcanien ; la forme des nuées le prouve, aussi bien que l'étude minéralogique des cendres ; mais dans l'ordre de succession des événements, il s'est produit quelque chose d'assez différent de ce qui s'observe d'ordinaire dans les éruptions de ce genre. En général, le magma très fluide monte tout d'abord jusque dans le cratère central ; celui-ci devient le siège d'explosions stromboliennes ou de fontaines de lave hawaïennes, puis, lorsque la pression hydrostatique exercée par la colonne magmatique est suffisante, les parois de la montagne cèdent en quelque point de moindre résistance et le magma, aidé par sa haute température, se fraie un chemin à l'extérieur ; une coulée latérale se produit ; ce n'est que plus tard, lorsque la cheminée a été vidée de son magma neuf, que les phénomènes vulcaniens apparaissent dans le cratère central. Telle a été la marche de la grande éruption du Vésuve en 1906 et de beaucoup d'autres. Ici, il semble bien que le magma neuf ne soit pas parvenu jusqu'au cratère central, l'examen des matériaux projetés, aussi bien que l'aspect du cratère après l'éruption, le prouvent et il me paraît vraisemblable qu'il faille attribuer ces explosions vulcaniennes à l'action d'eau superficielle. Sous un climat où les précipitations atmosphériques sont aussi intenses qu'aux Comores, l'eau pluviale a dû s'accumuler dans les canaux souterrains du

volcan, puis être volatilisée par le magma incandescent en voie d'ascension avant que celui-ci ait pu arriver jusqu'au faîte de la montagne. C'est là un des cas particuliers dans lesquels je crois possible d'accepter les vues défendues par M. Brun[1].

M. Legros a fait en octobre l'ascension du cratère, et les observations qu'il y a recueillies sont intéressantes. La végétation des bords du cratère et celle, peu intense (bruyères arborescentes), développée sur les coulées suffisamment anciennes, étaient détruites seulement à partir du cratère-citerne, dans un secteur compris entre le Nord et le Sud-Ouest : là seulement se trouvaient des matériaux projetés. Dans cette région, les bords extérieurs du cratère étaient creusés d'un nombre considérable de trous, au fond desquels se trouvaient de gros projectiles lancés par le volcan. Dans tout le reste du grand cratère, la végétation était intacte et les bombes absentes. Cette localisation des produits de projection doit être attribuée à une double cause. En août, dans l'Océan Indien, le régime des vents est très stable ; les alizés du Sud-Est s'étendent du Sud de Madagascar jusque vers l'équateur, où ils se raccordent progressivement à la mousson de Sud-Ouest qui souffle sur toute la partie septentrionale de l'Océan. C'est à cet alizé qu'est due la localisation de la cendre non seulement au voisinage du cratère, dans les conditions qui viennent d'être relatées, mais dans un secteur de l'île limité à la même direction ; seul il a été dévasté par l'éruption, mais il y a plus. Le 25 août, des cendres sont tombées à Mayotte, qui se trouve à 250 kilomètres au Sud-Est de la Grande Comore. C'est la répétition d'un phénomène que j'ai observé à la Martinique, lors de l'éruption de la Montagne Pelée[2] ; toutes les fois que les explosions étaient peu intenses, leurs cendres fines étaient entraînées par l'alizé vers le large, dans une direction voisine de l'Ouest. Mais quand ces explosions étaient assez violentes pour permettre à la nuée volcanique d'atteindre et de dépasser l'altitude d'environ 4 000 mètres, une partie de la cendre était entraînée par le contre-alizé dans la direction de l'Est-Sud-Est. La cendre retombait ensuite peu à peu dans les parties basses de l'atmosphère, où elle était reprise par l'alizé et transportée vers l'Ouest. Après un trajet plus ou moins long à haute altitude, cette cendre, partie du Nord de la Martinique, arrivait ainsi sur le Sud de l'île, comme si elle avait été émise d'un point situé à l'opposé du volcan.

L'action du vent ne saurait être admise pour expliquer la localisation des bombes à l'Ouest de la bouche de sortie du Karthala. Cette disposition ne peut être interprétée que par la position de l'orifice qui a émis les projectiles et qui n'était pas dirigée verticalement. J'ai longuement discuté, à l'occasion de la Mon-

1. *Recherches sur l'exhalaison volcanique*. Genève et Paris, 1911, in-4.
2. *La Montagne Pelée et ses éruptions*, 1904, p. 386.

tagne Pelée, la réalité de ces projections à trajectoire oblique, qui a été parfois contestée, et qui me semble avoir un caractère de grande fréquence dans nombre de volcans, surtout dans le cas où les phénomènes explosifs sont de courte durée.

Il me reste à signaler une modification topographique intéressante survenue dans le cratère-citerne comme conséquence des explosions. Ses dimensions ont été au moins sextuplées ; il a pris une forme elliptique avec grand axe dirigé Nord-Sud ; son bord oriental touche aujourd'hui la falaise du grand cratère ; son fond est nivelé par des débris. En outre, une nouvelle bouche, indépendante, s'est ouverte un peu plus au Nord.

DEUXIÈME PARTIE

MINÉRALOGIE

OBSERVATIONS

Afin de permettre aux lecteurs qui, dans la Colonie, sont démunis d'ouvrages de Minéralogie d'avoir sous la main tous les éléments nécessaires à la détermination de leurs minéraux, j'ai fait précéder la description de chaque espèce d'un court rappel de leurs propriétés physiques et chimiques. Les données numériques qui y figurent sont en général celles dont je me suis servi dans ma *Minéralogie de la France et de ses Colonies*, aussi ne les ai-je fait suivre d'aucune référence bibliographique.

Les minéraux sont étudiés ici au point de vue de leurs propriétés[1], sans qu'il soit tenu compte de leur utilisation pratique possible. Ce point de vue fait l'objet de la Troisième Partie par quoi débute le tome II. Des renseignements plus circonstanciés sur les gisements de beaucoup d'entre eux, considérés d'une façon synthétique, se trouvent dans la Quatrième Partie (Lithologie).

Un Supplément sera donné à la fin du tome II pour les observations que j'aurai pu faire au cours de l'impression de cet ouvrage.

1. Sauf avis contraire, tous les indices de réfraction ont été mesurés pour la lumière du sodium.

I

CORPS SIMPLES NATIFS

DIAMANT

C

Propriétés cristallographiques. Cubique, hémiédrie tétraédrique. Cristaux nets, à faces souvent courbes. Clivages octaédriques très faciles.

Dureté. 10. *Densité.* 3,515 à 3,521.

Propriétés optiques. Incolore, jaune, orange, vert, etc. Éclat adamantin très vif. Très réfringent. Monoréfringent; $n = 2{,}4195$.

Propriétés chimiques. Carbone pur.

Infusible au chalumeau. Dans l'oxygène, brûle en donnant CO^2.

Inattaquable par les acides.

Diagnostic. Le diamant est le plus dur de tous les minéraux; sa forme, ses clivages octaédriques, sa résistance aux actions chimiques ne permettent de le confondre avec aucune autre espèce.

GISEMENTS

Il n'existe à Madagascar aucun gisement certain de diamant, bien qu'on l'y ait parfois signalé.

La présomption la plus sérieuse de son existence paraît être la suivante. Il y a de nombreuses années, un prospecteur, M. Stapoudzi, exploitant les alluvions aurifères de la Rienana, affluent de la Matitanana, reçut d'un de ses ouvriers indigènes quelques petites pierres transparentes incolores qui étaient, dit-on, du diamant. Elles furent envoyées à Paris, mais je n'ai pu retrouver leur trace. Ce prospecteur, convaincu de la réalité de cette découverte, a fait de longues recherches pour trouver de nouvelles pierres; ses efforts sont restés sans succès; sa bonne foi est prouvée par ce fait qu'il y a épuisé toutes ses ressources. Jusqu'à nouvel ordre, il est donc nécessaire de n'enregistrer ce fait que sous les plus expresses réserves.

J'ai reçu, il y a peu d'années, un petit cristal transparent et incolore, tétraèdre associé au rhombododécaèdre, qui avait été trouvé dans un ruisseau de la région

de la Sahatany (massif du M[t] Bity) ; sa dureté étant grande, il avait été pris pour un diamant. C'était en réalité un cristal de rhodizite que j'ai pu identifier après la découverte de ce minéral en place dans la pegmatite d'Antandrokomby.

GRAPHITE

C

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique. $c = 1{,}3859$; $pp = 85°29'$. Macles avec plans de glissement suivant p $(10\bar{1}1)$. Clivage parfait suivant a^1 (0001) et plans de séparation suivant p. Les lames de graphite sont flexibles, mais non élastiques.

Dureté. 1 à 2. Toucher gras. *Densité.* 2,255 : elle est souvent plus faible par suite de l'existence d'impuretés ou de défauts de structure.

Propriétés optiques. Noir de fer à gris d'acier, noir. Éclat métallique. Rayure noire (*mine de plomb*). Opaque.

Propriétés chimiques. Même composition que le diamant, mais avec des impuretés, existant souvent en grande quantité.

Infusible au chalumeau.

Inattaquable par les acides. Se transforme en oxyde graphitique dans un mélange d'acide azotique fumant et de chlorate de potasse.

Diagnostic. Ne pourrait être confondu qu'avec la molybdénite, mais celle-ci est d'un noir bleu et plus dense (voir à ce minéral). Bon conducteur de l'électricité.

GISEMENTS

Schistes cristallins.

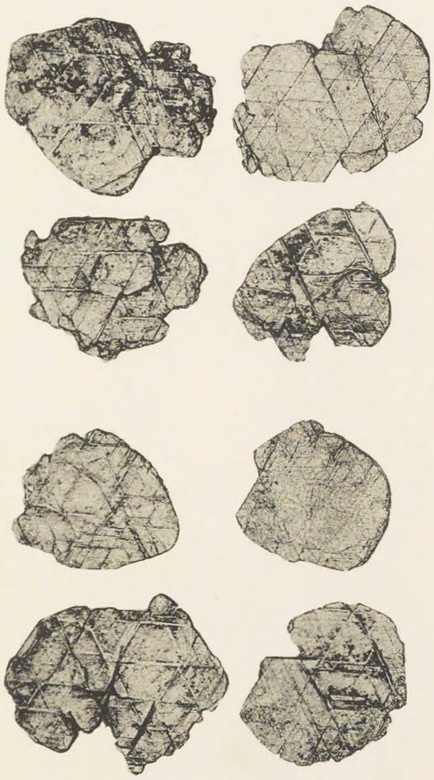
Gneiss et micaschistes. Le graphite est un des éléments les plus abondants des schistes cristallins de l'île ; il se trouve dans tous leurs termes : gneiss, micaschistes, quartzites, calcaires, ainsi que dans les roches silicatées qui dérivent de ces derniers. Partout où il existe des schistes cristallins, on rencontre peu ou prou de graphite, souvent sa proportion est suffisante pour légitimer des exploitations qui sont l'une des richesses minières de la Colonie. Les principaux gisements exploités actuellement sont localisés. Mais cette localisation est surtout due à ce que les régions exploitées sont celles dont l'accès est le plus facile : sur les Hauts Plateaux, entre le parallèle d'Anjozorobe et celui de Fianarantsoa et particulièrement dans les provinces de l'Itasy, du Vakinankaratra, d'Ambositra, et de Fianarantsoa, puis sur la côte orientale, entre les parallèles de Fénérive et l'embouchure du Mananjary, dans les provinces de Tamatave et d'Andovoranto. Pour plus de détails, je renvoie au Tome II où, dans le chapitre consacré aux schistes cris-



1



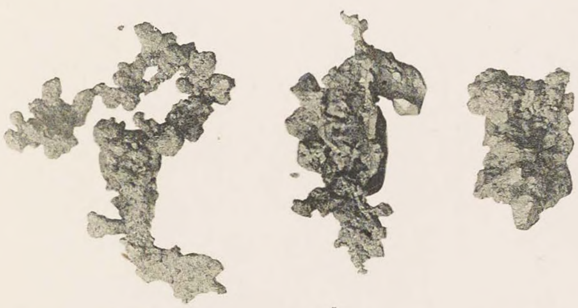
2



3



4



5

Clichés Cintract et Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Graphite ; Ambohibe près Betafo (fig. 1). — Région de Tsinjoarivo (fig. 2). — Ambohimarina (fig. 3).
Cuivre natif ; Andrakaraka (fig. 4 et 5).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

tallins et dans celui relatif à la Minéralogie appliquée, sont fournis de plus amples renseignements sur la distribution géographique de ce minéral ; je me contenterai de traiter ici le point de vue minéralogique.

Le graphite se présente le plus souvent en lamelles, disséminées dans les roches à la façon du mica qu'il accompagne ou remplace, ou bien en paillettes, agglomérées pour former essentiellement des lits ou de petites masses plus ou moins épaisses. Une fois dégagé par le lavage des schistes cristallins transformés en argile, ce graphite constitue des lamelles de 1 à 3 millimètres de diamètre en moyenne : elles n'ont guère de forme géométrique régulière et, en tous cas, celle-ci se réduit à des contours hexagonaux. Pour trouver des lames à formes très nettes, il faut les chercher dans les cipolins et dans les leptynites pauvres en graphite.

Il existe des gisements exceptionnels par la dimension des lames de leur graphite qui peuvent dépasser 1 centimètre de diamètre ; ces lames présentent sur la base des stries régulières, se coupant sous des angles de 60 ou de 120° ; elles sont en relief ou en creux, et correspondent à des macles polysynthétiques suivant *p* (Pl. 1, fig. 3 grandeur naturelle). Dans le bassin de la haute Rongaronga, à Ambohimarina, au Sud-Ouest du Mont Antanimainty (près du confluent du Sahave et du Saly), de telles lames forment presque à elles seules une roche schisteuse renfermant en outre fort peu de feldspath transformé en argile. Une roche analogue est connue à deux jours au Nord-Ouest de Mahanoro.

Inversement, il existe des cas dans lesquels le graphite, constituant presque à lui seul des schistes, forme des lames extrêmement menues ; tantôt ces roches sont très friables comme à Ambakoana près Anivorano et tantôt assez résistantes pour que les Malgaches puissent s'en servir pour tailler différents objets (chandeliers, etc.) ; ce cas est réalisé à Betratra, à 19 kilomètres Ouest-Sud-Ouest de Betafo.

Il me faut signaler maintenant dans quelques gisements une autre variété de graphite formant de grandes lames, sans formes géométriques, enchevêtrées et gondolées (Pl. 1, fig. 2) qui, par leur homogénéité, rappellent le graphite de Ceylan. Elles paraissent former dans les gneiss des masses plus ou moins considérables : Ialatsara, au Sud-Est d'Ampitantafika, environs de Tsinjoarivo ; Bemasoandro, au Nord-Est de Vatondrangy. M. Ungemach m'a signalé dans la terre rouge d'Ambodizara près Fetromby, au Nord d'Anivorano, des rognons sphériques de graphite résultant de l'agglomération de sphères, à structure radiée, dont la surface est hérissée de pointements cristallins.

Enfin, lorsque les couches graphiteuses contiennent des intercalations de lits et de nodules de quartz ou de pegmatite, ceux-ci sont fort souvent entourés par une

croûte continue de lames de graphite pouvant atteindre individuellement plusieurs centimètres de diamètre. Elles sont implantées perpendiculairement aux parois (Pl. 1, fig. 1) ou plus rarement groupées en rosettes. Beaucoup de gisements (Ambohibe et Idanonana, près Betafo ; Tsarazafy, etc.) en fournissent de très beaux échantillons de collection.

Filons de quartz, granites.

Le graphite ne se trouve qu'exceptionnellement, au moins dans les gisements que je connais, dans la masse même des veines de quartz ou dans les roches éruptives. Je citerai seulement quelques exemples.

A 3 kilomètres Est du village de Vohitsara, sur le versant droit de la vallée de la Rongaronga, en amont de Seranantsara, un granite dont le feldspath est entièrement transformé en hydrargillite, renferme en abondance de larges lames de graphite, striées comme il a été dit plus haut. Le même type de cristaux de graphite atteignant $1^{cm},5$ de diamètre se rencontre à Ngilomby dans un granite intercalé dans les micaschistes graphiteux.

Par contre, ce sont de petites lamelles qui se rencontrent dans les aplites du Mont Lahitrano, sur la rive gauche de la Manandona, dans les pegmatites d'Andavakomby près de Mandritsara ; des environs d'Anosibe, au Sud de Manjakandriana ; de Sahatany, près Analamazaotra ; d'Ampanihy (gros nodules roulés dans le lit du Sakatovo). Il en existe aussi dans le quartz hyalin de la rivière Ilalana, entre Ankoba et Antanimora (Androy).

SOUFRE

S

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. — $a : b : c = 0,81309 : 1 : 1,90339$; $mm = 101°46'$; $b^{1/2}\, b^{1/2}$ sur $p = 36°40'$. Clivages imparfaits suivant p (001), m (110), $b^{1/2}$ (111). Cassure conchoïdale à inégale.

Dureté. 1,5 à 2,5. Fragile. *Densité.* 2,05 à 2,09.

Propriétés optiques. Jaune de soufre, jaune de diverses nuances. Eclat résineux. Transparent à opaque.

Optiquement positif, plan des axes optiques dans g^1 (010). Bissectrice aiguë perpendiculaire à p (001), $n_m = 2,0383$.

Propriétés chimiques. Soufre pur. Fusible à 113°, brûle à 270°, avec flamme bleue, en dégageant de l'acide sulfureux. Insoluble dans les acides ; très soluble dans le sulfure de carbone.

Diagnostic. Les propriétés physiques et chimiques sont caractéristiques du soufre et ne permettent de le confondre avec aucun autre minéral. Très mauvais conducteur de l'électricité.

GISEMENTS

Il n'existe aucun gisement important de soufre à Madagascar ; les prétendus gisements des environs d'Antsirabe exploités par les Malgaches avant la conquête (voir page 184), ne renferment que des nodules de marcasite qui étaient traités par le gouvernement hova pour la fabrication du soufre.

Réduction de pyrites.

Les quelques gisements à signaler ne fournissent que des curiosités minéralogiques, résultant de la décomposition de la pyrite ; telles sont les petites masses de soufre du basalte d'Antsolifara [où il y a du soufre] (Sud-Est d'Antsirabe) et les jolis cristaux transparents que j'ai rencontrés dans les cavités d'une limonite cloisonnée, pseudomorphose d'une pyrite aurifère de la région de Maevatanana. Ces cristaux, très petits, sont globuleux (fig. 9), par suite de l'existence de nombreuses pyramides $b^{5/2}$ (115), b^1 (112), $b^{1/2}$ (111), qui accompagnent a^1 (101) et les deux formes principales p (001) et g^1 (010).

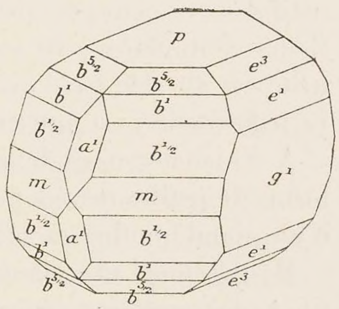


Fig. 9. — Soufre de Maevatanana.

Sédiments.

Je dois à M. Longuefosse de gros cristaux transparents de soufre, rappelant par leur aspect ceux de Sicile ; ils proviennent du Nord de Morafenobe. Je n'ai pas de renseignements sur leurs conditions de gisement, mais il paraît vraisemblable qu'ils ont été rencontrés dans un des affleurements bitumineux de la région, comme cela a lieu en France à Saint-Boès dans les Landes.

BISMUTH

Bi.

Rhomboédrique. $c = 1{,}3036$. Macle suivant b^1 $(01\bar{1}2)$. Clivages, parfait suivant a^1 (0001), faciles suivant e^1 $(02\bar{2}1)$, à peine distincts suivant b^1.

Dureté. 2 à 2,5. Sectile et fragile. *Densité.* 9,7 à 9,83.

Propriétes optiques. — Blanc d'argent, avec teinte un peu rosâtre ; se ternit à l'air et prend des nuances irisées, jaunes ou rouges.

Propriétés chimiques. Bismuth pur, avec parfois traces d'argent, de soufre, de tellure, d'antimoine, d'arsenic. Fond à 265° et cristallise par refroidissement. Sur le charbon, peut être volatilisé en laissant un enduit jaune orangé à chaud et jaune citron à froid.

Soluble dans l'acide azotique ; la solution, étendue de beaucoup d'eau, donne un précipité blanc de sous-nitrate de bismuth.

Diagnostic. La structure, la couleur, jointes à la réaction fournie par l'acide azotique, sont caractéristiques (l'antimoine natif donne avec cet acide de l'acide antimonique insoluble).

GISEMENTS

Pegmatites.

C'est dans les pegmatites à minéraux lithiques de la vallée de la Sahatany (Est d'Ihosy) et de Tsilaizina, que j'ai rencontré pour la première fois [53] le bismuth natif dans ce genre de gisement ; il y constitue de gros cristaux, atteignant plusieurs centimètres ; ils sont dépourvus de formes distinctes, mais leur homogénéité est attestée par l'existence d'un large clivage unique, parallèle à la base. Leur formation est antérieure à celle de la rubellite qui les moule.

A Anjanabonoina, le bismuth se trouve dans les mêmes conditions ; mais il forme de petites masses dans lesquelles des clivages multiples montrent la réunion d'un grand nombre de cristaux enchevêtrés.

M. Rasamoel m'a signalé l'existence du bismuth natif dans un filon de pegmatite à amazonite et tourmaline lithique sur la rive gauche de l'Andranomatavy, à 1 kilomètre Ouest du confluent de la Vodirandrana et de la Matsiatra.

Enfin, j'ai reçu récemment du P. Moine un échantillon de bismuth, à clivage éclatant, provenant d'une pegmatite à béryl du Tampoketsa de Tsaratanana.

Dans ces divers gisements, le bismuth est intact, il est entouré seulement par une légère enveloppe carbonatée.

Dans les pegmatites à muscovite de Samiresy et d'Andaobatotany à l'Est d'Antsirabe, au contraire, le bismuth est presque toujours épigénisé en bismuthosphérite, avec un peu de puchérite ; dans ces pseudomorphoses le clivage basique du bismuth est encore distinct.

ÉTAIN

L'existence de grains d'étain métallique accompagnant l'or, a été signalée [238] par M. Gascuel dans les alluvions de Madagascar, mais sans précision de gisement.

Ce fait n'aurait en soi rien d'impossible, l'étain étant connu sous cette forme dans des alluvions de la Nigéria et de la Guyane, mais comme je n'ai pas vu moi-même ce minéral, je ne le cite que sous les plus grandes réserves (voir à cassitérite). L'étain natif possède les propriétés du métal artificiel ; il est blanc, malléable; sa densité est de 7,18.

MERCURE

Le mercure coulant a été signalé dans quelques rivières, mais il n'est pas douteux qu'il ne provienne de résidus de traitements aurifères.

PSEUDO-FER MÉTÉORIQUE

Pendant longtemps, tous les traités concernant les météorites ont porté l'indication d'un fer qui aurait été trouvé dans la baie de Saint-Augustin.

Sa découverte a été relatée en 1845 par Shepard[1]. D'après cet auteur, le lieutenant Flagg avait rapporté une pointe de flèche en fer d'une localité qu'il appelait, « Prince Willie's Town », dans la baie de Saint-Augustin. D'après les indications qui lui auraient été données par les indigènes, il aurait existé, à 8 ou 9 milles au Nord de ce port, de grandes masses de fer malléable ; d'autres se seraient trouvées sur les bords de la rivière sous forme de blocs ayant de 1 à 6 pieds de diamètre. Le voyageur n'avait pu visiter le gisement. Suivant Shepard, ce fer ne serait pas de fabrication artificielle ; il aurait une densité de 7,81 et contiendrait 3,34 pour 100 de nickel avec des traces de cobalt.

Brezina, dans son catalogue de la collection de météorites de Vienne, signale l'existence dans cette collection d'un petit fragment de ce fer[2], mais en 1898 Cohen ayant examiné cet échantillon montra[3] qu'il s'agit là d'un produit artificiel ne contenant pas de nickel, mais seulement des traces de cobalt et de phosphore.

Le British Museum possède une petite météorite pierreuse entière, entourée de

1. *Proceed. Sixth ann. Meeting of the Assoc. of american geologists held at New Haven* (*Conn.*). April 1845 (40-41).
2. *Jahrb. k. k. geol. Reichsanst.* XXXV, p. 220, 1885.
3. *Meteoreisen Studien*, p. 57.

sa croûte noire, qui a été donnée comme provenant de Nosy Be, mais sans aucun document permettant d'affirmer l'authenticité de cette chute, ni de la dater.

PLATINE

Pt.

Propriétés cristallographiques. Cubique.

Dureté. 4 à 4,5. Malléable et ductile. *Densité.* Chimiquement pur 14 à 19 (platine natif).

Propriétés optiques. Gris d'acier. Eclat métallique très brillant.

Propriétés chimiques. Platine allié avec un peu d'osmium, d'iridium, de rhodium, de fer ; quand la proportion de celui-ci est importante, le minéral est magnétipolaire. Infusible au chalumeau ; soluble à chaud dans l'eau régale.

Diagnostic. La couleur, la densité, la résistance à tous les acides sauf à l'eau régale sont caractéristiques du platine.

GISEMENTS

Le platine n'a jamais été trouvé en place à Madagascar ; il est connu seulement dans quelques gisements alluvionnaires, tous situés le long de la côte orientale. Il s'y rencontre associé à de l'or, en petits grains très roulés, à surface quelquefois polie, d'autres fois caverneuse ; certains d'entre eux sont magnétiques ou enrobés dans de la limonite. Dans aucun des échantillons, que je dois à M. Sisteron ou qui m'ont été procurés par le Comptoir d'Escompte, je n'ai vu le métal en contact avec une gangue et, d'autre part, je n'ai pu me procurer de fonds de batée des gisements dont ils proviennent, je ne puis donc faire aucune hypothèse sur le gisement géologique probable de ce platine.

Les gisements à signaler sont les suivants, en allant du Nord au Sud :

1° Au Nord-Ouest de Fénérive : la Manantsatrana et ses affluents de droite, compris entre la Tsaralazana et la Sasalaza (notamment près de Maherivaratra).

La rive droite de la Bikera et notamment au Sud-Est de son confluent avec la Marosampana.

2° Au Sud-Ouest de Vatomandry et à l'Est de Marosiky : la rivière Sahanimora, affluent de l'Ivatana, notamment près d'Ambia ; la rivière Ivatana, à partir de son confluent avec la Sahanimora.

On ne connaît dans le bassin hydrographique de ces rivières que des roches granitiques et gneissiques et pas de péridotites (serpentines).

D'après une note de M. Lavila, que j'ai eue en mains, le platine des alluvions de cette région serait, avec l'or, dans le rapport de 1 : 5.

Près d'Ampasimpotsy, sur la Farafara, affluent du Manampotsy, à l'Ouest d'Anosibe ; le platine de cette rivière est en grains plus gros que ceux de la région précédente.

3° L'Isinjo, affluent de la Manambia, elle-même affluent de gauche de la Mananara. C'est au voisinage du poste de Bemahala actuellement disparu, à une soixantaine de kilomètres Nord-Ouest de Vangaindrano, qu'en 1904 le platine a été trouvé pour la première fois à Madagascar.

M. Molinié, chimiste du comptoir Lyon-Alemand a bien voulu faire l'analyse du platine (non magnétique) du Sud-Ouest de Vatomandry, que j'ai publiée récemment dans une note consacrée au platine malgache [86].

Platine	82,06
Iridium	1,85
Palladium	0,30
Rhodium	0,70
Or	2,10
Fer	7,00
Cuivre	1,00
Iridosmine	1,30
Sable	2,30
Perte (dif.)	1,39
	100,00

L'or accompagnant ce platine renferme 3,75 pour 100 d'argent.

CUIVRE

Cu.

Propriétés cristallographiques. Cubique.

Dureté. 2,5 à 3. Malléable et très ductile. *Densité*. 8,8 à 8,9.

Propriétés optiques. Rouge de cuivre. Eclat métallique.

Propriétés chimiques. Cuivre pur contenant parfois un peu d'argent, de bismuth, etc. Fusible à 1083° *C*. Par refroidissement, se couvre d'une couche noire d'oxyde. Soluble dans l'acide azotique, avec dégagement de vapeurs nitreuses, la solution est verte ; elle devient d'un bleu foncé par addition d'ammoniaque.

Diagnostic. La couleur, la grande malléabilité et les réactions par l'acide azotique sont caractéristiques du cuivre natif.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Basaltes. — Le seul mode de gisement de Madagascar présentant du cuivre natif en abondance se trouve dans les basaltes du Nord-Est et de l'Ouest (cf. tome II, *Gîtes cuprifères*).

Sur la côte Nord-Est, à 3 kilomètres Ouest d'Antalaha, une recherche a été faite récemment sur une coulée de basalte, le long d'un petit affluent de l'Andrakaraka : dans la lave altérée, le cuivre forme des masses très ramuleuses (Pl. 1, fig. 4), parmi lesquelles on observe çà et là des cristaux à faces nettes, mais sou-

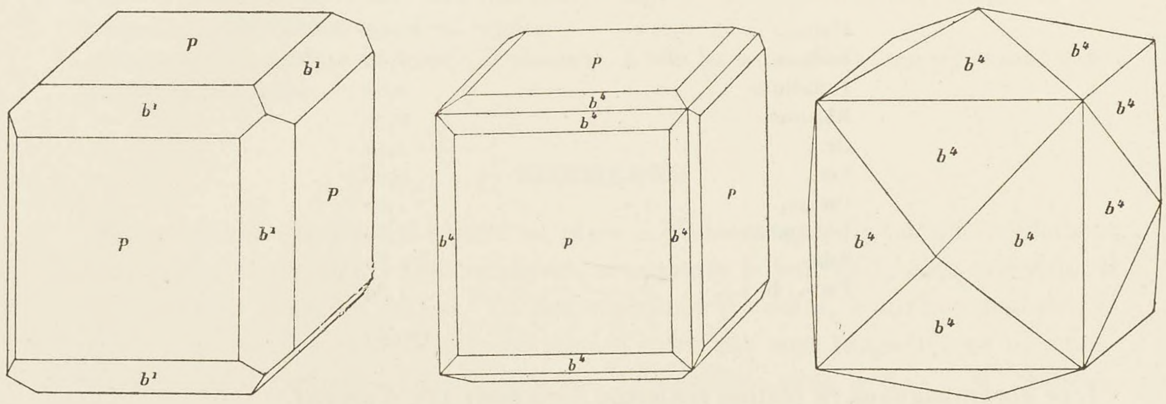


Fig. 10 à 12. — Cuivre natif de l'Andrakaraka.

vent déformés et maclés comme le sont les cristaux du lac Supérieur. Dans les échantillons que je dois à M. Rouaix, j'ai reconnu les combinaisons de formes suivantes : p ; b^1p (fig. 10) ; b^4 (410), avec (fig. 11) ou sans p (fig. 12) et des formes plus compliquées que le mauvais état des faces n'a pas permis de préciser. Ces cristaux sont de petite taille, mais j'ai observé un beau cristal déformé de 1 centimètre de diamètre présentant la combinaison b^1a^2 : il est associé à de la calcite dans un basalte presque entièrement transformé en une masse onctueuse se coupant au couteau.

Les fentes de ces basaltes renferment aussi des enduits papyracés (Pl. 1, fig. 4) de cuivre parfois brillamment irisés.

Il est vraisemblable que c'est de ce gisement ou d'un gisement analogue que provient un gros bloc de cuivre natif de plusieurs kilogrammes que j'ai vu jadis

entre les mains de l'ingénieur des mines Chaper et qui lui avait été remis par un indigène de Diego-Suarez, avec l'indication de gisement: Ambohimarina [26].

Sur le plateau d'Antanimena, au Sud de la Betsiboka, le cuivre natif abonde dans des coulées intrusives de basalte ; il faut citer comme gisements principaux : Bekiady, Ambatomainty ; Bekapoka ; Beharika, sur la Mahavavy, en amont de Bekipay. Bekiady est le gisement le plus remarquable ; le métal y forme de petites masses, parfois entourées de cuprite, puis d'une gaine de chrysocole ou d'opale colorée en vert, de quartz, de zéolites, etc.

Gîtes aurifères.

Des mouches de cuivre natif ont été rencontrées dans le filon quartzeux aurifère de Soavinarivo.

ARGENT

Ag.

Propriétés cristallographiques. Cubique.

Dureté. 2,5 à 3. Ductile et malléable. *Densité.* 10,1 à 11,1.

Propriétés optiques. Blanc d'argent se ternissant à l'air et devenant jaune ou noir. Eclat métallique.

Propriétés chimiques. Argent pur, avec parfois une petite quantité d'or, de cuivre, etc. Fusible à 960° C. en un bouton blanc qui cristallise par refroidissement. Soluble dans l'acide azotique ; l'introduction d'une lame de cuivre dans la solution détermine la réduction de l'argent à l'état métallique. L'acide chlorhydrique précipite, dans la solution azotique, du $AgCl$ sous forme caillebotée, insoluble dans l'acide azotique et soluble dans l'ammoniaque.

Diagnostic. La couleur, les propriétés chimiques.

GISEMENTS

L'argent natif n'est connu jusqu'à présent à Madagascar que dans trois gisements.

A Betankilotra, dans la région d'Andavakoera, il est englobé dans la barytine laminaire d'un filon, qui en suit un autre, dans lequel de l'or argentifère se trouve aussi dans de la barytine ; mais ces deux métaux, qui se rencontrent ainsi à quelques décimètres de distance, ne sont jamais mélangés.

L'argent de ce gisement forme de petites masses (Pl. 2, fig. 4 ; grandeur naturelle), des agrégats ramuleux, très cristallins, et aussi des groupements d'octaèdres, enfilés suivant un axe ternaire, constituant de jolis échantillons de collection.

Dans le gisement de Rafiatokana, à l'Est d'Ankavandra, dont je dois la connaissance à M. Chrissement, l'argent natif se trouve sous une autre forme, mais en échantillons non moins beaux : il s'agit de croûtes, analogues à la figure 4 de la planche 1, épaisses de quelques millimètres et présentant jusqu'à 7 ou 8 centimètres de diamètre. Elles sont localisées dans les fentes d'une roche amphibolique servant de gangue à des veinules de smaltite enveloppée de calcite ; l'argent natif est aussi mélangé à cet arséniure. Il existe des échantillons ramuleux plus épais.

Enfin, M. Levat a signalé [223] l'argent natif associé au cuivre dans le basalte de Bekiady ; je ne l'ai pas vu.

OR

Au.

Propriétés cristallographiques. Cubique.

Dureté. 2,5 à 3. Très malléable et ductile. *Densité.* 15,6 à 19,3, les variétés argentifères (*électrum*) ont une densité de 12,5 à 15,5.

Propriétés optiques. Jaune d'or, jaune clair, passant au blanc (électrum). Eclat métallique.

Propriétés chimiques. Or pur, le plus souvent allié à des quantités variables d'argent ; l'or renfermant plus de 20 pour 100 d'argent constitue l'*électrum*. Au chalumeau, facilement fusible (1064° C.). Soluble dans l'eau régale seulement : l'électrum laisse un résidu de chlorure d'argent.

Diagnostic. La couleur, les propriétés physiques et la résistance à tous les acides autres que l'eau régale ne permettent de confondre l'or avec aucun autre minéral métallique.

Des supercheries ont été quelquefois signalées à Madagascar où de la poudre de laiton a été mélangée à des fonds de batée. Un traitement à l'acide azotique, qui dissout cet alliage en donnant des vapeurs nitreuses et une solution verte bleuissant par addition d'ammoniaque, permet aisément de mettre en évidence cette manœuvre frauduleuse.

GISEMENTS

Les gisements aurifères de l'île étant décrits en détail dans un chapitre spécial du tome II, je ne m'occuperai ici de ce métal précieux qu'au point de vue minéralogique. Il se rencontre dans trois catégories de gisements : 1° dans les *schistes cristallins* et dans les veines quartzeuses *intercalées* au milieu d'eux ; 2° très exceptionnellement dans les *pegmatites*, et enfin 3° dans de vrais *filons quartzeux*. Ces divers gisements sont localisés dans des parties différentes de l'île et ils sont caractérisés par de l'or possédant des compositions différentes. Dans les deux premiers genres de gisement, il s'agit presque toujours d'or jaune, à haut titre, dans le troisième l'or est toujours très argentifère, il constitue l'*électrum*.

Schistes cristallins.

On peut dire que l'or existe à Madagascar dans toutes les catégories de schistes cristallins et qu'il y est disséminé dans toute l'étendue de la région formée par ceux-ci. Il s'y trouve parfois à l'état visible à l'œil nu ; je donnerai ici, comme exemples, quelques gisements ayant fourni de beaux échantillons de ce genre :

Dans les *gneiss à biotite.* — Mandraty et Ampasiry dans la région de Maevatanana ; Ampahimanta et Ankafotra ; Kiranomena et Ankatrofotsy (*Betsiriry*) ; Antanifotsy et Antsolabato, au Sud d'Arivonimamo, etc.

Dans les *micaschistes.* — Itea (avec pyrite) ; la Sakaleona.

Dans les *quartzites.* — Ieninkenina et le massif du mont Bity.

Dans les *quartzites à magnétite.* — Mandraty ; Tsimbolovolo.

Dans les *quartzites à graphite.* — Fandrangato (vallée de la Mananara).

Dans les *gneiss pyroxéniques et amphiboliques.* — Rive droite de la Sahofa, affluent de la haute Nosivolo.

Dans les *amphibolites.* — Amparindravato.

Dans les *calcaires cristallins.* — Imaina.

Enfin, il faut signaler des associations plus rares de l'or, au disthène à Tsimbolovolo, à une trémolite résultant du métamorphisme d'un calcaire par le granite à Ieninkenina.

L'or est plus fréquent dans les *veines quartzeuses interstratifiées dans les schistes cristallins.* Certains gisements, tels que ceux de la Kiranomena (*Betsiriry*) ont fourni de magnifiques échantillons. Il faut encore citer Andranofito, Tongarivo, les environs de Tsinjoarivo, etc. Dans ces gisements, l'or est souvent associé à de la pyrite. Il est accompagné en outre de *mispickel* à Antsaily, de *galène* et de *pyromorphite* à Amparindravato et Ampahatra, de *chalcopyrite* et de *chalcosite* dans la région d'Imaina, de *chalcosite,* à Beando près Nosy Varika, de *sylvanite* à Voatavolana, à 60 kilomètres d'Ambalavao.

Roches éruptives.

Pegmatites. — De l'or, associé à de l'hématite lamelleuse, se rencontre dans les filons de pegmatite de Betaimby sur la Mandraty. Il existe aussi à Soavinarivo dans un filon de quartz associé à une pegmatite.

A côté de cet or, dont l'origine primaire sera discutée tome II, il faut signaler l'or secondaire qui se forme dans les fentes de roches non altérées, telles que les

gneiss à pyroxène de la Sahofa, il y est souvent associé à la pyrite; il remplit de fines diaclases. Mais il faut signaler surtout des concentrations de l'or qui s'observent dans les schistes cristallins transformés en argile latéritique ; le métal précieux y constitue des pépites (Pl. 2, fig. 6), des cristaux nets ou des agrégats dendritiques venant parfois se loger dans les fentes ou dans les cavités du quartz. Je renvoie au tome II pour la discussion de ce curieux phénomène.

Le titre de l'or de tous ces gisements s'abaisse assez rarement au-dessous de 950; il est souvent beaucoup plus élevé. Je citerai toutefois quelques exceptions; dans la région de l'Ouest, dans la Bekopaka, affluent de l'Ankafotra, on a observé un

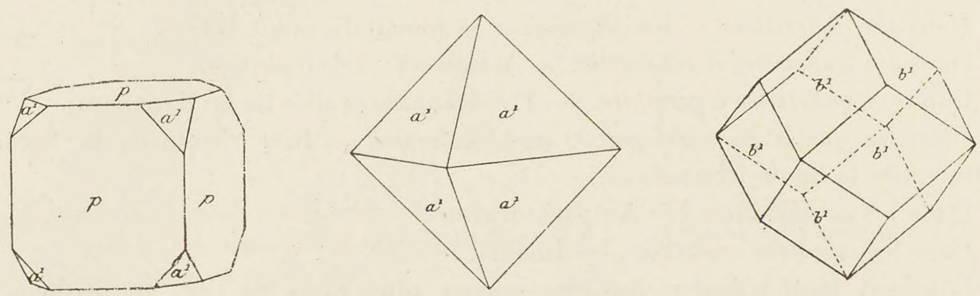


FIG. 13 à 15. — Or natif. Formes communes.

titre de 834 pour 1000 (Merle); dans la région de l'Est, au voisinage de la mer, notamment dans la vallée du Fanantara et dans la région de Mahanoro, le même fait a été constaté. Je dois à M. Jamet des échantillons d'or pâle ayant un titre de 800 à 850 pour 1000 et provenant de l'Idrambo, affluent du Fanantara.

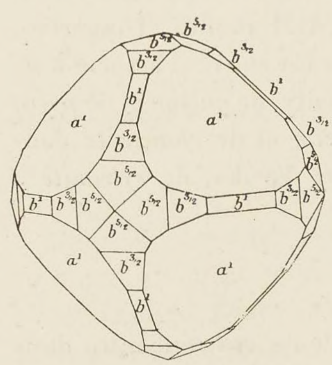
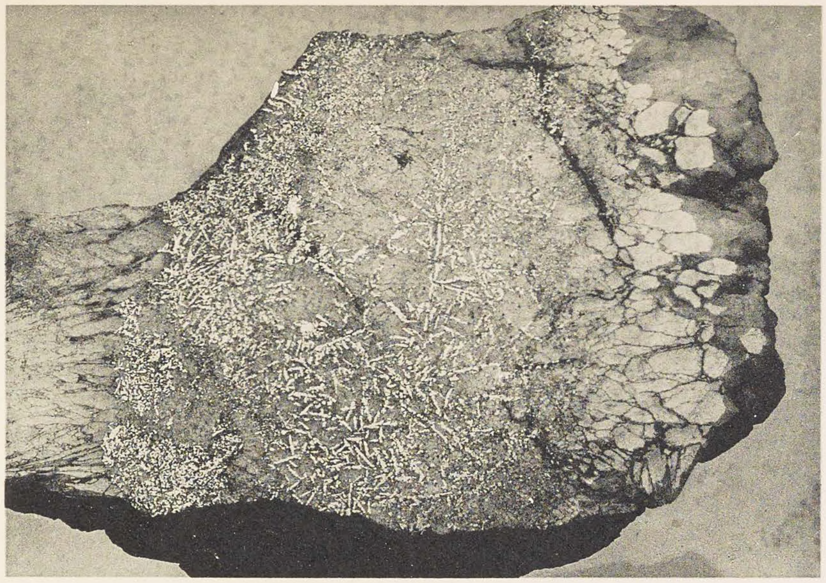


FIG. 16. — Or natif de Bilisy.

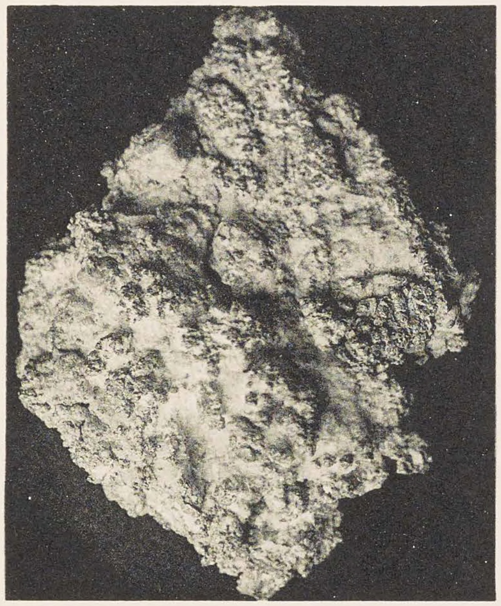
L'or à haut titre possède toujours une structure cristalline, mais celle-ci, le plus souvent, ne se traduit point par des formes géométriques; le métal précieux constitue de petites masses irrégulières moulant les autres minéraux. Cependant, il existe parfois des cristaux nets; ils sont toujours normalement développés; les formes les plus communes sont p (001), a^1 (111), b^1 (110), seules ou associées (fig. 13 à 15). J'ai vu aussi des cristaux globuleux par suite de l'existence de formes plus compliquées, mais je n'ai pu en mesurer; la figure 16 représente, d'après M. Ungemach, un petit cristal de ce genre provenant des lavages alluvionnaires de Bilisy, dans la vallée de la Sahatorendrika; ses angles sont



1

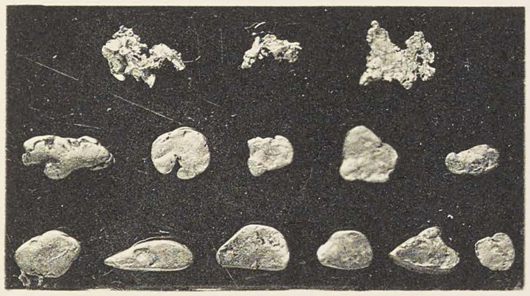


2

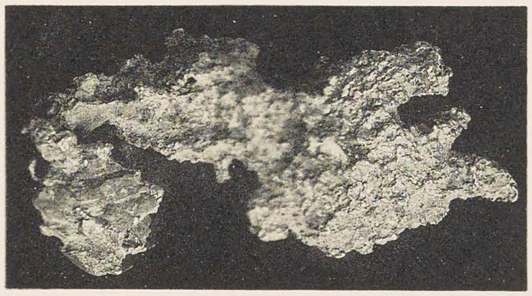


3

4



5



6

Clichés Cintract et Fallou

Imp. Catala frères, Paris.

Or natif; Ranomangatsiaka (pépite de la terre rouge) (fig. 6); pépites d'éluvions (fig. 4), d'alluvions (fig. 5). — *Electrum*; Andakavoera (dans quartz) (fig. 1) ; Ambodimanga (fig. 2). — *Argent natif;* Betankilotra (fig. 3).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

arrondis, mais les deux cubes pyraminés $b^{3/2}$ (320) et $b^{5/2}$ (520) ont pu être précisés.

Il faut enfin signaler l'or lamelleux. A Ambohimarina et à Amparindravato, j'ai observé dans des cavités du quartz des lames gondolées atteignant 8 millimètres de plus grande dimension.

Filons quartzeux.

Sur la bordure septentrionale du Massif cristallin, les gneiss et les formations sédimentaires en contact avec eux sont traversés, dans la région d'Andavakoera, par de remarquables filons de quartz aurifère qui sont longuement décrits et figurés dans le tome II. Ils sont constitués par des cristaux de quartz, implantés perpendiculairement aux épontes et se réunissant pour former comme des mâchoires hérissées de pointements birhomboédriques quand il reste entre eux un espace béant (Tome II, Pl. 1, fig. 1). L'or est concentré à la racine de ces cristaux au voisinage des épontes ou bien il forme avec du quartz un remplissage dans la partie axiale des filons (Pl. 2, fig. 1). Parfois enfin il est englobé par la pointe des cristaux drusiques, mais alors il a été d'abord enveloppé par un cristal de blende (tome II, Pl. 3, fig. 3), généralement dissoute aux affleurements : ce sulfure a laissé ainsi les cristaux cristallitiques d'or libres dans une cavité (tome II, Pl. 3, fig. 1, 2 et 4), aux parois rouillées par de la limonite. Très exceptionnellement, à Betankilotra, l'or est englobé dans de la barytine (tome II, Pl. 2, fig. 4).

La caractéristique de l'or de la région d'Andavakoera est son bas titre qui est d'environ 750 pour 1000, mais peut s'abaisser jusqu'à 658. C'est donc de *l'électrum*. Il est toujours cristallisé et cristallitique (Pl. 2, fig. 1), mais, il forme parfois des cristaux déterminables, des trapézoèdres a^3 (311) allongés suivant un axe ternaire et identiques à ceux de l'Orégon, décrits par Edw. S. Dana (*Am. J. of Sc.*, XXXII, 132, 1886). La figure 17 représente la projection sur a^1 de ces cristaux avec la notation cubique en symboles de Miller ; la figure 18 donne leur représentation en perspective avec la notation rapportée à un rhomboèdre de 90°. Dans ce cas, trois faces correspondent au rhomboèdre a^3 (20$\bar{2}$5), dont l'angle culminant est de 129° 31′ (130° obs.), les six faces adjacentes à l'isoscéloèdre

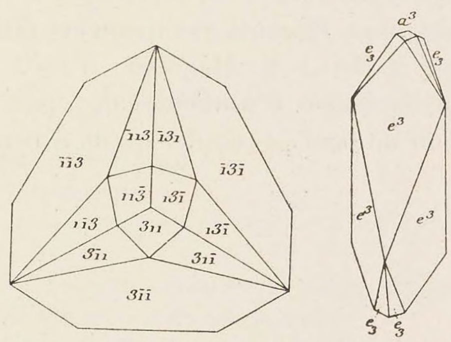


FIG. 17 et 18. — Électrum d'Andavakoera. Projection sur a^1 (fig. 17). Allongement suivant un axe ternaire avec notation rhomboédrique (fig. 18).

e_3 ($22\bar{4}3$), dont les angles sont de 129° 31′ (129° 10′ obs.) et de 117° 2′ et enfin les six faces restantes au rhomboèdre aigu e^3 ($40\bar{4}1$), qui est la forme dominante ; son angle est de 62° 58′ (62° 15′ obs.). Ces cristaux, aux faces brillantes et souvent creuses, sont fréquemment squelettiformes.

Les fils d'or des cavités miarolitiques du quartz sont (tome II, Pl. 3, fig. 1, 2 et 4) des chapelets rectilignes ou sinueux de petits cristaux allongés suivant un axe ternaire et se terminant quelquefois par des faces a^3 (fig. 17 et 18).

Enfin il me faut signaler les variétés d'or lamelleux, dont les lames sont formées par la réunion à axes parallèles d'un nombre considérable de petits cristaux aplatis suivant une face octaédrique.

Eluvions et alluvions.

La principale source de l'or à Madagascar consiste dans les éluvions et les alluvions. Pour ce genre de gisement encore, je renvoie au tome II, me contentant de rappeler que, généralement, l'or des alluvions est à un degré de fin supérieur à celui des gisements en place dont il provient ; je donnerai plus loin de nombreuses preuves de ce fait.

Dans toute la région ancienne de l'île, l'or des alluvions est donc à très haut titre. Les grosses pépites proviennent soit des éluvions, soit des schistes cristallins transformés en argile latéritique dans laquelle elles paraissent souvent résulter d'une concentration secondaire. Leurs angles vifs (Pl. 2, fig. 6) contrastent avec la forme arrondie de l'or d'alluvions (Pl. 2, fig. 5).

Je signalerai comme exception une curiosité minéralogique intéressante consistant en élégants groupements filiformes de cristaux d'électrum (Pl. 2, fig. 2) que je dois à M. Magnien ; il les a recueillis dans les fentes d'un conglomérat de la région d'Ambodimanga près Mahanoro, dans des conditions telles que l'on ne peut pas douter qu'ils n'aient été formés en place.

II

SULFURES, TELLURURES, SULFOSELS

SULFURES ET TELLURURES

GROUPE DE LA STIBINE

STIBINE

Sb^2S^3.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0{,}99257 : 1 : 1{,}01788$; $mm = 90^\circ\ 26'$; $b^{1/2}\ b^{1/2}$ (sur p) $= 69^\circ\ 22'$. Cristaux distincts. Masses fibrolamellaires, fibreuses, plus rarement grenues ou compactes.

Clivages : g^1 (010) parfait ; h^1 (100) et m (110) imparfaits ; plans de séparation suivant p (001) d'origine secondaire.

Dureté. 2. Les cristaux sont un peu flexibles et sectiles. *Densité.* 4,52 à 4,62.

Propriétés optiques. Gris de plomb, gris d'acier. Eclat métallique.

Propriétés chimiques. La formule Sb^2S^3 correspond à la composition suivante : S 28,6 ; Sb 71,4. Le minéral est parfois ferrifère, argentifère ou aurifère.

Fusible à la flamme d'une bougie qui est colorée en bleu verdâtre. Dans le tube ouvert, dégage des vapeurs sulfureuses et donne un sublimé blanc, non volatil, d'acide antimonieux.

Soluble dans l'acide chlorhydrique. Décomposée par l'acide azotique, avec résidu blanc d'acide antimonique.

Altérations. La stibine s'altère avec une grande facilité et se transforme aux affleurements en stibiconite, en valentinite blanche ou jaune, ou bien en kermésite rouge.

Diagnostic. La structure, la forme des cristaux et leurs propriétés physiques ne permettent guère de confondre la stibine qu'avec la bismuthinite ; elle s'en distingue par les réactions fournies par l'acide azotique (résidu blanc).

GISEMENTS

Dans leur description des couches à combustibles du Nord-Ouest de l'île, MM. Rigaud, Guinard et Thibon ont signalé [265] sur le flanc Ouest du mamelon d'Antsirasira qui domine à l'Est le Sambirano, et à 500 mètres du village, un filon de quartz de 2 mètres d'épaisseur renfermant des veinules de 3 centimètres de stibine. Ce filon (Nord 20° Est) est coupé par quelques croiseurs de quartz (Nord 80° Est). Il est probable qu'il doit être rapporté à la formation quartzeuse, aurifère et plombifère, qui se développe plus au Nord-Est. Je suis passé à peu de distance de cette localité, mais je n'avais pas malheureusement à cette époque connaissance de l'observation qui vient d'être relevée et que, depuis lors, je n'ai pu arriver à faire vérifier.

BISMUTHINITE

Bi^2S^3.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0,9676 : 1 : 0,9850$; $mm = 91° 52'$. La bismuthinite se trouve en cristaux très allongés et plus souvent en masses fibreuses, lamelleuses ou compactes.

Clivages: g^1 (010) parfait, h^1 (100) et m (110) imparfaits.

Dureté. 2. Faiblement sectile. *Densité.* 6,4 et 6,5.

Propriétés optiques. Gris de plomb à blanc d'argent, se ternissant à l'air en devenant jaunâtre et irisé. Eclat métallique.

Propriétés chimiques. La formule Bi^2S^3 correspond à la composition théorique suivante: S 18,8 ; Bi 81,2.

Fusible à la flamme d'une bougie. Dans le tube ouvert, dégage de l'acide sulfureux et un sublimé blanc qui, au chalumeau, fond en gouttes brunes devenant jaunes à froid.

Soluble dans l'acide azotique ; la solution, par addition d'eau, dépose un précipité blanc de sous-nitrate de bismuth.

Altérations. La bismuthinite se transforme en bismuthosphérite soluble avec effervescence dans l'acide azotique, ce qui établit aussi un diagnostic avec les produits d'altération de la stibine.

Diagnostic. Voir à stibine.

GISEMENTS

La pegmatite à béryl d'Ampangabe renferme, comme élément essentiel, des cristaux de bismuthinite, atteignant 10 centimètres de longueur sur 4 à 5 de diamètre. Isolés ou groupés entre eux, ils sont toujours épigénisés en bismuthosphérite, parfois mélangée d'un peu de bismite et de puchérite. Ces cristaux ne présentent de faces

à peu près nettes que dans la zone verticale ; on y distingue, g^1 avec un clivage éclatant, qui persiste après la pseudomorphose, h^1, m (pl. 12, fig. 2), et des prismes cannelés indéterminables ; je n'ai vu aucun cristal terminé d'une façon distincte [53].

Ces grands cristaux englobent le quartz, la tourmaline, la muscovite, le béryl ou sont enveloppés par eux ; ils ne sont pas distribués d'une façon uniforme dans la pegmatite, mais s'y réunissent souvent en grand nombre.

Le même minéral a été rencontré, sous la même forme, dans quelques pegmatites du voisinage d'Ampangabe, puis à Fefena, en cristaux très beaux présentant des phénomènes de torsion ; à Soavina près Samiresy ; à Ambatofotsy ; à Fiadanana, Sahamandrevo, Volambato ; à Miakanjovato, au mont Vohambohitra ; au Mont Vohimena à 6 kilomètres au Nord d'Ikalamavony, etc.

MOLYBDÉNITE

MoS^2.

Propriétés cristallographiques. Hexagonale. $c = 1,9077$. Lames ou cristaux hexagonaux, analogues à ceux des micas et du graphite.

Clivage. a^1 (0001), micacé, donnant des lames flexibles, mais non élastiques. Sectile.

Dureté. 1 à 1,5. Toucher gras. *Densité.* 4,7 à 4,8.

Propriétés optiques. Gris de plomb, bleuâtre ; donne sur la porcelaine une trace verdâtre et sur le papier une trace bleuâtre.

Propriétés chimiques. La formule MoS^2 correspond à la composition suivante : S 40,0 ; Mo 60.

Dans le tube ouvert, donne des vapeurs sulfureuses et un sublimé d'acide molybdique jaune pâle.

Décomposée par l'acide azotique, avec un résidu d'acide molybdique, soluble dans l'ammoniaque.

Altérations. Se décompose parfois en une poudre jaune d'or de *molybdite* ($[MoO^4]^3Fe^2$, 7,5 H^2O).

Diagnostic. Les réactions pyrognostiques et la couleur de la trace fournie par ce minéral permettent de le distinguer du graphite dont la couleur est plus noire et qui est inattaquable par les acides.

GISEMENTS

Granites. — La molybdénite a été tout d'abord rencontrée à Madagascar dans la forme pegmatique des granites à pyroxène. Au Sud d'Ambohinaorina (à 23 kilomètres Nord-Est d'Andramasina), elle y forme des lames de près d'un centi-

mètre de diamètre associées à de grands cristaux de diallage et d'ilménite. M. Spencer m'a signalé l'existence, au British Museum, d'un échantillon de granite à amphibole, recueilli par le Rev. Wells au Sud d'Ambatoharana (Nord d'Ambohimanga); il contient de la molybdénite. Ce même minéral a été trouvé par M. de Cespedès dans la pegmatite d'Ambano, au Nord-Ouest d'Antsirabe [2].

Pegmatites. — J'ai reçu récemment communication de M. Boissier, de larges lames de molybdénite, accompagnées de quelques bons cristaux (pyramides hexagonales basées), à faces en escaliers (Pl. 3, fig. 1).

Ces échantillons ont été trouvés soit dans le quartz rose, soit au milieu de poches de celui-ci dans la partie méridionale du mamelon de pegmatite de Tsaramanga (Tongafeno). Les plus gros de ces cristaux ont quatre centimètres de diamètre, les plus nets de 1 à $1^{cm},5$ environ.

Gisement de nature indéterminée. — Des échantillons de molybdénite ont été apportés récemment au service des Mines de la Colonie et indiqués comme provenant de la région de Tsiroanomandidy ; leur gisement exact n'a pas encore été reconnu.

GROUPE DE LA GALÈNE

GALÈNE

PbS.

Propriétés cristallographiques. Cubique. Clivages parfaits suivant p ; rarement suivant a^1 (galène bismuthifère).

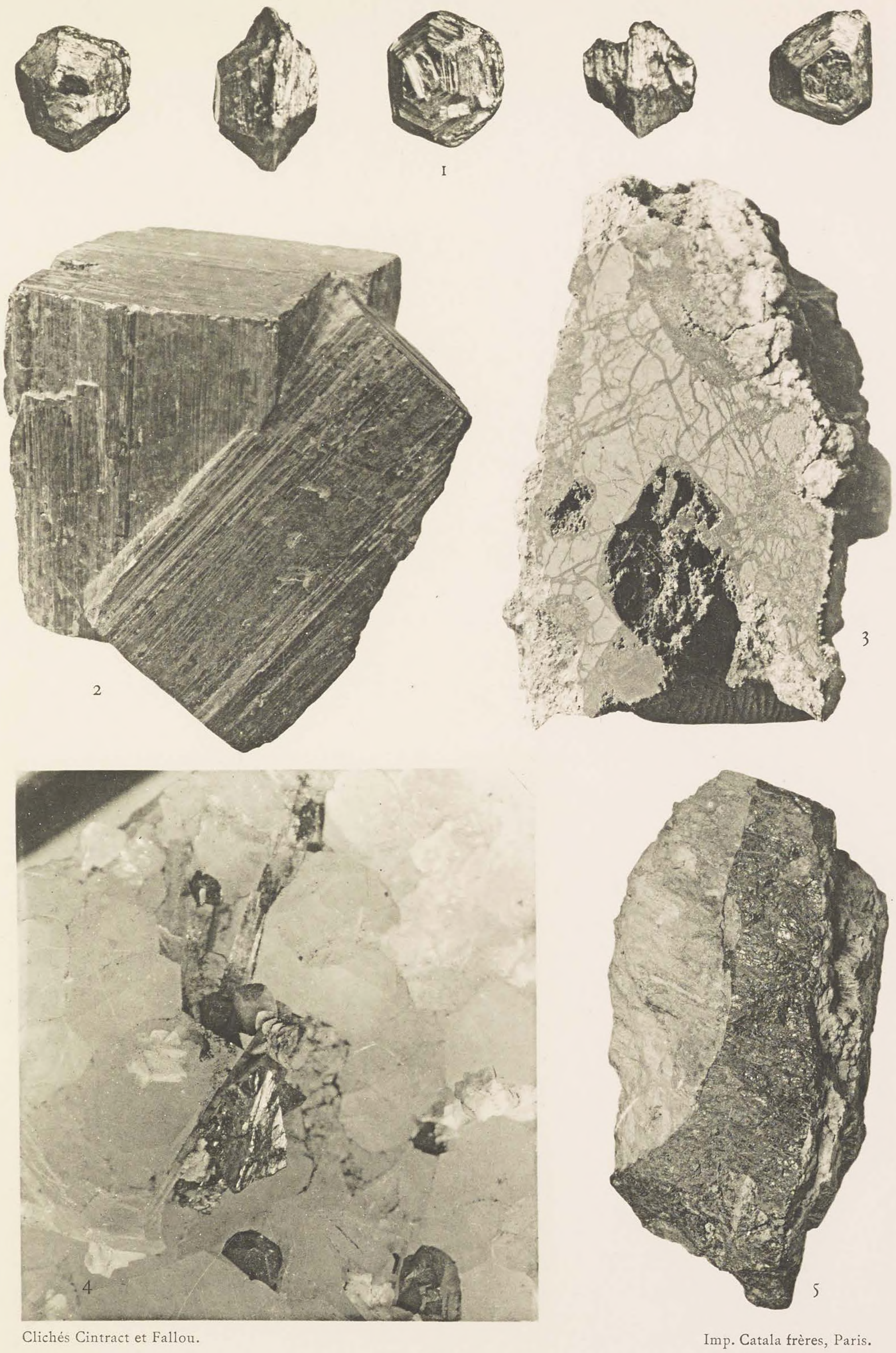
Dureté. 2,5 à 2,7. *Densité.* 7,4 à 7,6.

Propriétés optiques. Gris de plomb. Eclat métallique.

Propriétés chimiques. La formule PbS correspond à la composition suivante : S 13,4 ; Pb 86,6. La galène renferme presque toujours de l'argent qui peut varier de plus de 1 pour 100 à 0. Il existe aussi parfois de petites quantités de sélénium, de zinc, de cadmium, d'antimoine, de bismuth, de cuivre, etc.

Sur le charbon, fond en dégageant de l'acide sulfureux ; couvre le bord de l'essai d'un enduit jaune de massicot, puis blanc, de céruse ; enfin donne un globule malléable de plomb.

Décomposée par l'acide azotique, avec dépôt de soufre et de sulfate de plomb.



Clichés Cintract et Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Molybdénite ; Tongafeno (fig. 1). — Pyrite ; *Ampangabe* (fig. 2).
Erubescite ; Ambatofangehana (fig. 3 et 5). — *Chalcopyrite* ; Andavakoera (fig. 4).

Altérations. Tous les minerais oxydés de plomb proviennent de l'altération de la galène et en constituent parfois des épigénies.

Diagnostic. Les clivages, l'éclat et les réactions pyrognostiques ne permettent de confondre la galène avec aucun autre sulfure.

GISEMENTS

La galène se trouve à Madagascar dans un certain nombre de gisements dont la plupart sont plus intéressants au point de vue théorique qu'au point de vue pratique. Dans aucun d'entre eux, elle ne présente de particularité minéralogique digne d'être étudiée.

Roches éruptives et leurs contacts.

Granites. — J'ai rencontré la galène comme minéral d'origine pneumatolytique dans le granite à riebeckite et dans la fasibitikite d'Ampasibitika ; elle n'y constitue que de petites mouches, remplissant les intervalles miarolitiques des feldspaths et du quartz. Son existence parmi les produits d'émanation d'un magma granitique est intéressante à signaler au point de vue théorique.

Il n'est pas douteux que la galène sera rencontrée sous la même forme dans la pegmatite de Samiresy, si l'on y fait des travaux de recherche permettant d'atteindre la roche saine. J'ai rencontré en effet dans ses portions latéritisées de petites masses constituées par des cristaux de pyromorphite. l'un des minéraux d'oxydation les plus fréquents de la galène.

Aplites syénitiques. — De la galène à fines lamelles et de la pyrite imprègnent un filon d'aplite syénitique potassique rencontré à 3 kilomètres au Sud d'Ambatofinandrahana.

Contacts de calcaires et du granite. — J'ai trouvé dans les calcaires à imerinite d'Ambatoarina des mouches de galène ; ce minéral est aussi abondant sous la même forme dans les lits à célestite et albite du même gisement. Elle constitue là un minéral métamorphique et sa présence est à rapprocher de celle qui peut être observée à quelques kilomètres (Ampiadiambato) au Nord d'Ambatofangehana, où les mêmes calcaires renferment de petits amas de galène argentifère, à fines lamelles, associés à de la blende, de la cérargyrite et à divers minéraux oxydés : cérusite, smithsonite, calamine, etc.

C'est probablement à une origine analogue qu'il faut rapporter la galène, accompagnée de smithsonite, qui se trouve dans les calcaires cristallins d'Imaina, au voisinage de veines quartzeuses cuprifères et aurifères.

Filons métallifères.

On verra dans le tome II que la galène est fréquente dans le remplissage barytique de certains filons, aurifères ou non, de la région d'Andavakoera, notamment dans les mines de Ranomafana, Betsieky, Bereziky, Ambilo. C'est une galène à très grands clivages cubiques, un peu argentifère et généralement dépourvue d'or. Elle se trouve sous la même forme dans les filons de la région d'Ambakirano et de Bobasatrana, Ankitokazo (belles masses à clivages cubiques) ; dans la vallée du Sambirano, près de Migiko (avec pyrite) et à Ambaliha près de l'Ambahatra.

La galène des filonnets traversant les schistes d'Ankalampobe (Nosy Be) est à très grands éléments ; elle se présente en cristaux très nets p(100) a^1(111) (fig. 13), surtout quand elle est englobée, avec blende, dans la kaolinite remplissant des géodes de calcite.

Enfin, j'ai eu entre les mains des échantillons de galène à grain fin, provenant de la région d'Ikongo (au Sud de Fort Carnot) ; d'autres proviennent de la forêt de l'Est, de la rive droite de la Vohitra, au Nord-Est de Moramanga (avec blende et panabase), mais je n'ai pas de renseignements précis sur leur gisement.

Veines quartzeuses aurifères.

Colcanap a signalé l'existence de la galène dans des lits de quartz (aurifère) d'Ampanitovola (région de Tsaratanana) ; elle existe aussi (avec pyromorphite et cérusite) dans les mêmes conditions à Amparindravato (petits cristaux) et plus abondamment à Ampahatra (cristaux de la grosseur d'une noix), dans le bassin du Kitsamby.

ARGYRITE

Ag^2S.

Propriétés cristallographiques. Cubique. Trace de clivages suivant a^1 (111) et b^1 (110). Cassure subconchoïdale.

Dureté. 2 à 2,5. Très sectile. *Densité.* 7,2 à 7,36.

Propriétés optiques. Gris de plomb, noir. Rayure brillante. Eclat métallique.

Propriétés chimiques. La formule Ag^2S correspond à la composition : S 12,9 ; Ag 87,1. Dans le tube ouvert, dégage de l'acide sulfureux. Au chalumeau, facilement fusible en se gonflant et en donnant un globule d'argent.

Soluble dans l'acide azotique, avec dépôt de soufre.

Diagnostic. La caractéristique de l'argyrite réside dans sa parfaite sectilité, sa raclure brillante et ses propriétés pyrognostiques.

GISEMENTS

J'ai rencontré l'argyrite sous forme de petites masses cristallines très brillantes dans un bel échantillon d'argent natif de Betankilotra (région d'Andavakoera) que le Muséum doit à M. Jamet. Ce minéral paraît assez rare dans ce gisement; il imprègne l'argent natif ou forme de petites veinules dans la barytine laminaire servant de gangue à l'argent.

CHALCOSITE

Cu^2S.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0{,}5822 : 1 : 0{,}9701$; $mm = 119^\circ 35'$. Macles suivant m (110), conduisant à des groupements pseudohexagonaux et macles suivant $e^{2/3}$ (032) et b^1 (112). Clivages suivant m (110), souvent peu nets. Cassure conchoïdale. Cristaux distincts, masses grenues ou compactes.

Dureté. 2,5 à 3. Sectile. *Densité.* 5,5 à 5,8.

Propriétés optiques. Gris de plomb, noir; le minéral s'irise et devient bleuâtre par exposition à l'air.

Propriétés chimiques. La formule Cu^2S correspond à la composition suivante: S 20,2. Cu 79,8; il existe parfois un peu de fer ou d'argent.

Dans le tube fermé, reste inaltéré, mais donne des vapeurs sulfureuses dans le tube ouvert. Au chalumeau, fond tumultueusement en un globule noir qui, sur le charbon, peut être réduit en un globule de cuivre.

Soluble dans l'acide azotique: solution verte devenant bleue par addition d'ammoniaque.

Altérations. La chalcosite se transforme en *covellite* (CuS) et plus souvent en *malachite* et en *chessylite*.

Diagnostic. La sectilité permet de distinguer la chalcosite de l'érubescite.

GISEMENTS

Gîtes métallifères.

De belles masses de chalcosite se trouvent dans de petits filons de quartz, parallèles à ceux d'érubescite, à Androta, au Sud-Ouest de Vohémar; le minéral est associé à de l'épidote et transformé en malachite aux affleurements.

La chalcosite est le minerai sulfuré de plusieurs des gîtes cuprifères situés entre Betafo et Ambatofangehana et dont les affleurements oxydés seuls ont été grattés superficiellement. J'en ai en particulier trouvé de belles masses au centre de blocs

de malachite et de chrysocole de Mandro, au confluent de la Mianjona et de la Kitsolo. Quand le minéral s'altère, ses clivages prismatiques deviennent plus faciles et c'est suivant leurs plans que se développe le carbonate. La chalcosite enveloppe quelquefois des cristaux d'épidote.

Une belle chalcosite du même aspect se rencontre à Soavina, au Nord-Nord-Ouest d'Ambatofangehana. Plus au Sud, dans la région d'Ambatofinandrahana, elle forme des mouches dans la dolomie métamorphique d'Ambodiala et dans des veinules de quartz à Amparibe, près Bedihy.

La chalcosite est un des minéraux cuprifères qui accompagnent l'or dans les veinules quartzeuses intercalées dans les gneiss de quelques points du Massif cristallin. Dans la région d'Ihosy, elle est compacte, plus ou moins aurifère, et forme de grosses masses ; dans le bassin de la Beando, près de Nosy Varika, elle est lamellaire et superficiellement transformée en *covellite*.

Roches éruptives.

Pegmatites. — Un filon de pegmatite à biotite et tourmaline de 6 à 7 mètres se trouve dans la rivière Kigioly, affluent de gauche de la Mania. Son feldspath est vert et pourrait être pris au premier abord pour de l'amazonite, mais en réalité, il est coloré par de la malachite, provenant de la décomposition de chalcosite noire, assez régulièrement distribuée dans la roche, en cristaux de 1 centimètre de diamètre. Ce minéral paraît jouer le rôle d'élément essentiel et cela a une importance théorique, la plupart des gisements qui ont été énumérés plus haut me paraissant en relation génétique avec le magma granitique.

Un granite à biotite présentant les mêmes particularités, se trouve à l'Ouest du mont Sarobaratra.

COVELLITE

CuS.

Propriétés cristallographiques. Hexagonale. $c = 1{,}147$. Clivage a^1 (0001) facile donnant des lames flexibles.

Dureté. 1,5 à 2. *Densité.* 4,59 à 4,64.

Propriétés optiques. Bleu indigo, parfois presque noir. Les cristaux ont un éclat métalloïde, nacré sur les lames de clivage, résineux dans la cassure. Le minéral forme parfois des masses terreuses, sans éclat.

Propriétés chimiques. La formule CuS correspond à la composition suivante : S 33,6, Cu 66,4. Dans le tube fermé, donne un sublimé de soufre, dans le tube ouvert, des vapeurs sulfureuses.

Au chalumeau, brûle avec une flamme bleue en dégageant SO^2 et fond en un globule de cuivre. Soluble dans les acides, en donnant une solution verte.

Diagnostic. Se distingue de la chalcosite par ses propriétés dans le tube et par sa structure.

GISEMENTS

La covellite ne se rencontre à Madagascar que comme produit d'altération superficielle de la chalcosite, sous forme d'enduits bleuâtres souvent irisés. C'est le filon de quartz aurifère de Beando qui m'a fourni les plus beaux échantillons.

BLENDE

ZnS.

Propriétés cristallographiques. Cubique, hémiédrique, tétraédrique. Macle suivant a^1 (111). Clivages b^1 (110) parfaits. Cassure conchoïdale.

Dureté. 3,5 à 4. *Densité.* 3,9 à 4,1.

Propriétés optiques. Très rarement incolore ; ordinairement colorée en jaune, en rouge, en brun, en noir, etc., suivant la teneur plus ou moins grande en fer. Transparente à translucide. Eclat résineux à adamantin, dû à la très haute valeur de l'indice de réfraction : $n = 2{,}3692$ (Na). Monoréfringente (parfois biréfringente).

Propriétés chimiques. La composition chimique correspondant à la formule ZnS est la suivante : S 33,0 ; Zn 67,0 ; il existe souvent du fer, parfois un peu de manganèse, de cadmium, d'argent, d'or, etc.

Dans le tube ouvert, donne des vapeurs sulfureuses. Sur le charbon fond difficilement, mais donne un enduit d'oxyde de zinc, jaune clair à chaud et blanc à froid qui, humecté avec de l'azotate de cobalt devient vert quand on le chauffe au feu oxydant ; les variétés cadmifères donnent en outre un enduit brun rouge.

Soluble dans l'acide chlorhydrique avec dégagement d'hydrogène sulfuré.

Altérations. La blende donne par son altération surtout de la *smithsonite* et de la *calamine*.

Diagnostic. Les clivages dodécaédriques, l'éclat et les réactions au chalumeau sont caractéristiques de ce minéral.

GISEMENTS

Gîtes métallifères.

Filons. — Dans la région d'Andavakoera, la blende jaune de miel, fournissant de larges clivages, fait partie du remplissage de certains filons quartzeux (Ranomafana) ; elle renferme jusqu'à 2 kilogrammes d'or à la tonne ; elle est sou-

vent associée à de la galène. La blende noire, ferrifère, forme des cristaux distincts englobés dans le quartz ; elle renferme parfois (Ambilo) des cristaux d'or natif filiformes, ce qui prouve que les cavités globuleuses du quartz contenant sous cette forme le métal précieux, sont dues à la disparition de cristaux de blende (voir la planche 3 du tome II).

La blende existe aussi dans les filons quartzeux et barytiques, non aurifères, du prolongement Sud-Ouest de la région d'Andavakoera, notamment à Bobasatrana, où elle est accompagnée de galène et de chalcopyrite : à Ankitokazo la blende mielleuse en cristaux à clivages très faciles, est engagée soit dans le quartz, soit dans la barytine.

A Ankalampokely (Nosy Be), la blende et la galène forment des filons traversant les calcaires liasiques ; ces minéraux sont associés à des paillettes de kaolinite ; les cristaux sont rarement nets (b^1). Ce gisement a fourni des échantillons à larges clivages jaune de miel, rappelant la blende de Santander.

Veinules quartzeuses. — Les veinules quartzeuses, interstratifiées dans les cipolins exploités pour l'or à Ampontsiambo (Ambodimanga, près Mahanoro) renferment des mouches de blende brune accompagnée de pyrite.

Roches éruptives et leurs contacts.

Syénites néphéliniques. — Des mouches de blende jaune d'or se trouvent dans la syénite néphélinique à aegyrine filonienne du massif de Bezavona (torrents d'Antsohanina, d'Ampiambesany).

Gîte de contact. — Au Nord d'Ambatofangehana, des gisements zincifères (Ampiadiambato) se trouvent dans les calcaires au contact du granite; ils renferment quelques petites masses de blende ferrifère, associée à de la galène et à de la smithsonite.

Sédiments.

Les calcaires liasiques d'Ankaramy et de ses environs (Miharena), ainsi que les calcaires jurassiques des bords de l'Andranomalaza, près Maromandia, renferment des nids ou des veinules de blende, jaune de miel ou brunâtre, à gangue de calcite. A Maromandia, la blende se présente quelquefois en cristaux nets (b^1 dominant) pouvant atteindre jusqu'à 3 centimètres de diamètre.

A Marotony (côte occidentale de la pointe d'Ambavatoby), de magnifiques masses clivables de blende mielleuse, translucide, se rencontrent dans les mêmes conditions.

Enfin, M. Perrier de la Bathie m'a communiqué des cristaux de blende noire,

à beaux clivages éclatants, englobés dans des veinules de calcite qui traversent les conglomérats de la base de la série sédimentaire de l'Imaloto, au Nord de Benenitra.

CINABRE

HgS.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique, hémiédrique holoaxe. $c = 1{,}14526$; $pp = 92° 37'$.

Clivages parfaits suivant e^2. Cassure conchoïdale ou inégale.

Dureté. 2 à 2,5. *Densité.* 8 à 8,2.

Propriétés optiques. Rouge cochenille, rouge brun, à gris de plomb. Eclat adamentin, aspect terreux dans les enduits. Poussière rouge écarlate. Transparente à translucide. Uniaxe et optiquement positif. $n_g = 3{,}201$. Pouvoir rotatoire.

Propriétés chimiques. La formule HgS correspond à la composition suivante: S 13,8; Hg 86,2.

Dans le tube fermé, donne un sublimé de sulfure de mercure et, après addition de carbonate de soude, un sublimé de mercure métallique. Dans le tube ouvert, dégage des vapeurs sulfureuses et donne des gouttelettes de mercure.

Soluble dans l'acide azotique.

Diagnostic. Les formes et les propriétés optiques en présence de cristaux nets et, dans tous les cas, les réactions chimiques dans le tube ne permettent de confondre le cinabre avec aucun autre minéral rouge (argent rouge, hématite).

GISEMENT DOUTEUX

Le cinabre n'est connu en place dans aucun gisement de Madagascar. M. Florens m'a montré un fragment de ce minéral, apporté, il y a quelques années, par un indigène qui l'indiqua comme provenant de la région comprise entre Beravina et Morafenobe. Des prospections effectuées dans cette région sont restées sans résultat. Je ne donne donc cette indication que sous les plus expresses réserves.

PYRRHOTITE

FeS.

Propriétés cristallographiques. Hexagonale. $c = 1{,}7402$. Clivages: suivant a^2 (0001) parfois net, difficiles suivant h^1 (1120).

Dureté. 3,5 à 4,5. *Densité.* 4,58 à 4,64. Magnétique.

Propriétés optiques. Jaune de bronze, à rouge de cuivre, se ternissant à l'air en brunissant. Poussière noire, grisâtre. Opaque.

Propriétés chimiques. La composition correspondant à la formule FeS est la suivante : S 6,4 ; Fe 3,6, mais en réalité, il existe toujours un peu plus de soufre qui se trouve à l'état de solution solide. La pyrrhotite renferme souvent un peu de nickel et de cobalt.

Dans le tube fermé, pas d'altération ; dans le tube ouvert, donne des vapeurs sulfureuses. Sur le charbon, au feu réducteur, fond en une masse noire magnétique qui, au feu oxydant, se transforme en Fe^2O^3.

Décomposée par l'acide chlorhydrique, avec dégagement d'hydrogène sulfuré.

Diagnostic. Se distingue de la pyrite par sa couleur, sa forme, sa densité, son *magnétisme* et enfin sa décomposition par l'acide chlorhydrique.

GISEMENTS

La pyrrhotite, en grains ou en petites masses cristallines, est assez fréquente à Madagascar ; elle accompagne généralement la pyrite dans les roches les plus diverses, éruptives ou métamorphiques, mais, dans aucun gisement, elle ne se présente avec des propriétés remarquables. Voici quelques localités citées comme exemples :

Gneiss. — De grosses masses de ce sulfure, englobant des cubes brillants de pyrite, ont été trouvées dans le gneiss du tunnel de Koma, sur la ligne du chemin de fer de l'Est.

Gîtes métallifères. — M. Geay m'a remis un échantillon constitué par un mélange de pyrrhotite, de chalcopyrite, de pyrite, qu'il a recueilli dans un filon traversant le gneiss de la rive droite de la Vohitra, au Nord-Est de Moramanga.

Pegmatites. — La pegmatite à amphibole d'Ambano, au Nord-Ouest d'Antsirabe est localement assez riche en pyrrhotite compacte, associée à de la pyrite, de la chalcopyrite et de la magnétite.

GROUPE DE LA PYRITE

PYRITE

FeS^2.

Propriétés cristallographiques. Cubique : hémiédrie hémiaxe centrée se manifestent, en l'absence de formes hémièdres, par des stries sur les faces du cube (fig. 19 et Pl. 3, fig. 1) ou du dodécaèdre pentagonal (fig. 20 et 21).

Clivages à peine distincts suivant p (100) et a^1 (111). Cassure conchoïdale ou inégale.

Dureté. 6 à 6,5. Fragile. *Densité.* 4,9 à 5,2.

Propriétés optiques. Jaune de laiton. Eclat métallique très brillant. Poussière noire verdâtre ou noire brunâtre. Opaque.

Propriétés chimiques. La formule FeS^2 correspond à la composition suivante : S 53,4 ; Fe 46,6. La pyrite est fréquemment aurifère et peut contenir des traces d'arsenic, d'antimoine, de cuivre, etc., etc.

Dans le tube fermé, donne un sublimé de soufre et un résidu magnétique. Au chalumeau, elle dégage du soufre qui brûle avec une flamme bleue, en laissant un résidu qui donne les réactions de la magnétite.

Insoluble dans l'acide chlorhydrique. Décomposée par l'acide azotique avec résidu de soufre.

Altérations. La pyrite et la marcasite donnent par altération de la *mélantérite* et de l'acide sulfurique ; elles sont souvent épigénisées en *limonite* ou en *hématite.*

Diagnostic. La forme, la densité plus forte, la couleur plus jaune et la résistance plus grande à l'altération constituent le diagnostic différentiel de la pyrite et de la marcasite.

GISEMENTS

La pyrite est le minéral banal, se trouvant un peu partout à Madagascar dans les roches éruptives, dans les roches métamorphiques, dans les gîtes métallifères;

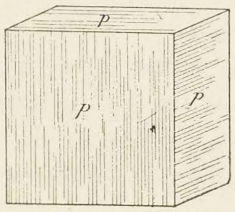


Fig. 19.

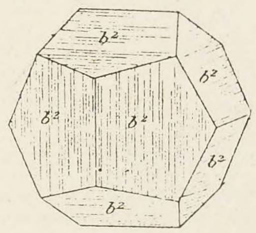


Fig. 20.

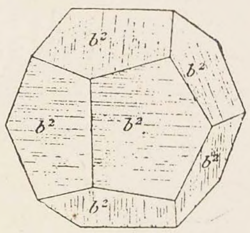


Fig. 21.

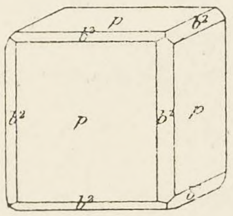


Fig. 22.

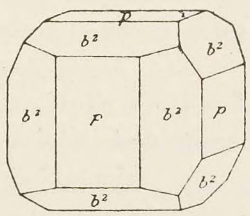


Fig. 23.

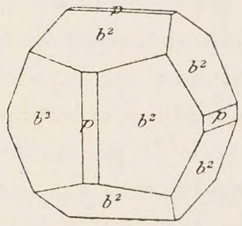


Fig. 24.

Fig. 19 à 24. — Pyrite : formes communes.

elle s'y présente avec ses formes communes (fig. 19 à 29); je ne connais qu'un très petit nombre de gisements fournissant des échantillons intéressants au point de vue minéralogique.

Roches éruptives.

Pegmatites. — Les pegmatites d'Ampangabe renferment d'énormes cubes de pyrite, ayant jusqu'à 9 centimètres d'arête, parfois très striés (Pl. 3, fig. 2) ; ils

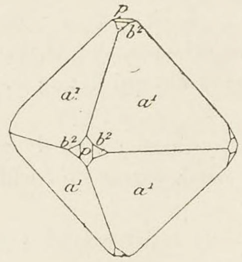


FIG. 25.

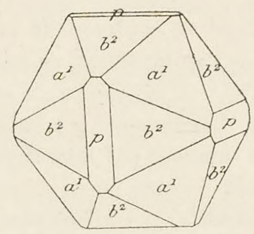


FIG. 26.

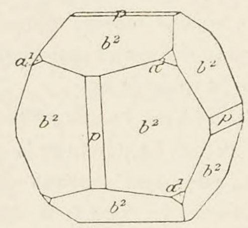
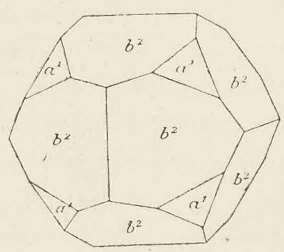


FIG. 27.

FIG. 25 à 27. — Pyrite : formes communes.

sont généralement transformés en limonite, au moins à leur périphérie ; ils englobent des cristaux de béryl, de columbite et de quartz et sont fréquemment recouverts de lamelles de muscovite. Il s'agit là d'un élément normal de la roche. C'est sous la même forme que la pyrite se trouve quelquefois dans les pegmatites du Sud de Miandrarivo, associée à de la muscovite.



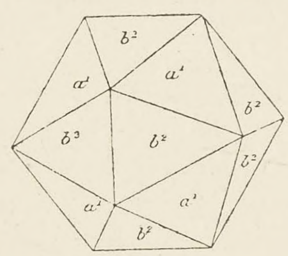


FIG. 28 et 29. — Pyrite : formes communes.

Dans d'autres cas, comme dans la pegmatite à hornblende d'Ambano, au Nord-Ouest d'Antsirabe, des cubes de pyrite tapissent des fissures de la roche et sont nettement d'origine secondaire.

Pegmatites syénitiques. — Les terres éluvionnaires de la pegmatite à bastnaésite de la région Ifasina-Itorendrika renferment des cristaux de pyrite, plus ou moins complètement limonitisés qui sont parfois recouverts par des octaèdres de magnétite. Ces cristaux ont leurs faces très irrégulièrement développées ; ils sont creusés de cavités ; la figure 30 représente (d'après M. Ungemach [106]) l'un d'eux schématisé ; il est remarquable par la présence de b^1 (110), forme assez rare dans la pyrite.

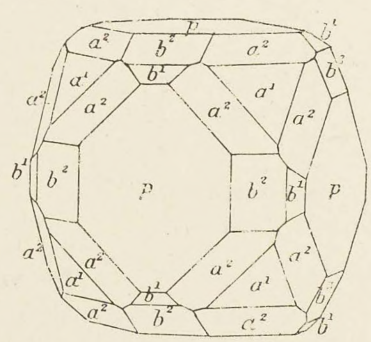


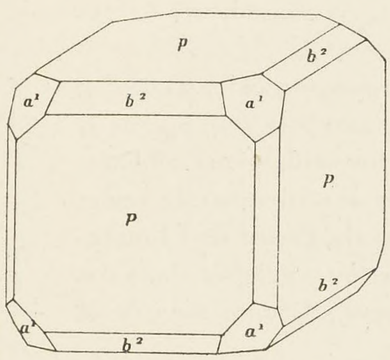
FIG. 30. — Pyrite d'Ifasina.

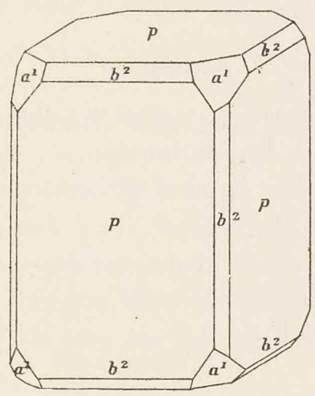
Schistes cristallins.

Gneiss. — Les travaux du tunnel de Koma, sur le chemin de fer de l'Est, ont fait découvrir des cubes très brillants de pyrite, ayant plusieurs centimètres d'arête et, qui sont parfois englobés dans de la pyrrhotite. Des cristaux nets ($1/2\ b^2p$) sont englobés dans la chalcopyrite des amphibolites d'Amparindravato, à l'Ouest de Soavinandriana. De beaux cubes striés se trouvent dans le gneiss amphibolique de Fénérive.

Calcaires métamorphiques. — Les calcaires à imerinite d'Ambatoarina sont très riches en cristaux de pyrite limonitisés (p, a^1, $^1/_2b^2$) qui atteignent de 2 à 3 centimètres de plus grande dimension ; on les trouve en place ou épars à la surface du sol. Au Sud d'Ambatofinandrahana, les gros cristaux de pyrite qui se trouvent dans les mêmes conditions sont des cubes très cannelés, avec parfois des traces de $1/2\ b^2$.

Dans les calcaires cristallins d'Anosivola (rive gauche de la Manambovona) se rencontrent de très petits, mais de très brillants cristaux de pyrite (p, $^1/_2b^2$, a^1) (fig. 31) parfois allongés suivant un axe quaternaire (fig. 32) et d'autres fois lamelleux suivant une face p : ils présentent alors un aspect insolite (fig. 33) pour ce minéral.





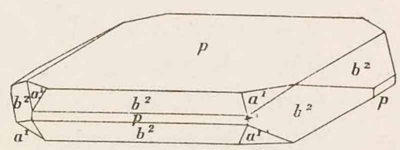


Fig. 31 à 33. — Pyrite d'Anosivola. Forme normale (fig 31), allongement suivant un axe quaternaire (fig. 32), applatissement perpendiculairement à cet axe (fig. 33).

Gîtes métallifères.

Veines quartzeuses. — Les veines quartzeuses aurifères intercalées dans les schistes cristallins ne renferment que rarement de beaux cristaux de pyrite ; ils ont toujours des formes simples, combinaisons de p, a^1, $^1/_2b^2$. Des cristaux drusiques, à faces brillantes (a^1 et a^1p) se trouvent notamment à Ieninkenina ; des cristaux (p, $^1/_2b^2$, a^1, limonitisés) avec développement cubique ou dodécaédrique pentagonal, abondent dans les alluvions du voisinage et proviennent sans doute du même gisement.

A Rafiatokana, de beaux octaèdres éclatants, de pyrite sont associés à la magnétite, l'épidote et le quartz dans le gisement d'argent natif ; ils sont englobés dans de grandes plages de calcite.

Je dois à M. Perrier de la Bathie de gros cubes (avec ou sans $^1/_2b^2$), à cassure conchoïde, extérieurement transformés en limonite, qu'il a recueillis dans un filon de quartz, au Nord de Fananehana, entre Ienana et Antoraka (baie d'Antongil) ; ils ont 5 centimètres suivant une arête cubique.

J'ai eu entre les mains un bloc de pyrite, à cassure conchoïde, provenant de l'Ouest du Tsitondroina (région de Fianarantsoa), sur les conditions de gisement duquel je n'ai pas eu de renseignements.

La pyrite (un peu cuprifère) grenue est le minéral trouvé actuellement à Ambatofangehana dans les travaux profonds de la mine de cuivre.

Sédiments.

Les rognons pyriteux des marnes, argiles et pélites jurassiques et crétacées et aussi les fossiles pyriteux qui les accompagnent, sont constitués soit par de la pyrite, soit par de la marcasite ; ils sont généralement limonitisés aux affleurements (Est de la presqu'île de Moromony, etc.). Je signalerai seulement de beaux cubes (avec a^1 et $^1/_2b^2$) enchevêtrés provenant des marnes du massif de l'Embrasure à la Montagne des Français, de gros rognons, parfois englobés dans des rognons de sidérite (lit du Fiherenana en aval de Manera ; Cénomanien de la presqu'île Saint-Sébastien).

Eluvions et alluvions.

Les fonds de batées des alluvions aurifères renferment très fréquemment des cristaux de pyrite, arrachés à quelques-uns des gisements précédents ; ils sont généralement plus ou moins limonitisés. Je citerai comme particulièrement riches à cet égard, les alluvions d'Ampasinambo près Mahanoro (p strié, a^1, $^1/_2b^2$ de 2 centimètres de plus grande dimension).

J'ai vu de beaux cubes limonitisés de pyrite, recueillis par M. Rossi à Betaimboraka, à 20 kilomètres au Sud-Est-Est du gisement de phlogopite de Volonandrongo.

SMALTITE

$CoAs^2$.

Propriétés cristallographiques. Cubique, hémiédrie hémiaxe centrée ; mêmes formes que la pyrite.

Dureté. 5,5 à 6. *Densité*. 6,3 à 6,7.

Propriétés optiques. Blanc d'étain, gris d'acier, se ternissant à l'air en devenant grisâtre. Poussière noire grisâtre. Opaque.

Propriétés chimiques. La formule $CoAs^2$ correspond à la composition suivante: As 71,9; Co 28,1 ; une partie du cobalt peut être remplacée par du nickel (passage à la chloanthite).

Dans le tube fermé, donne un sublimé noir d'arsenic métallique. Sur le charbon, fond en dégageant des vapeurs arsenicales ; le globule possède les réactions du cobalt (perle bleue avec le sel de phosphore).

Diagnostic. Le minéral se distingue de la cobaltite parce que celle-ci ne se modifie pas dans le tube fermé. La réaction intense du cobalt établit le diagnostic différentiel avec la chloanthite : les produits d'*altération* superficielle sont roses (*érythrite*), alors que ceux de la chloanthite sont verts (*annabergite*).

GISEMENTS

Le seul gisement à signaler est celui de Rafiatokana, à l'Est d'Ankavandra, dont il a été question page 162. La smaltite s'y trouve en masses très cristallines, possédant par places une structure concrétionnée ; d'un blanc d'argent, elle est associée à de l'argent natif et englobée dans de la calcite.

GROUPE DE LA MARCASITE

MARCASITE

FeS^2.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0{,}7662 : 1 : 1{,}2342$; $mm = 105^\circ 5'$. Macles suivant m, souvent plusieurs fois répétées, pour donner des groupements en roue ; macle plus rare suivant a^1.

Clivages. m (110) distincts, trace suivant e^1.

Dureté. 6 à 6,5. Fragile. *Densité.* 4,65 à 4,9.

Propriétés optiques. Jaune de bronze, fonçant par exposition à l'air ; les variétés arsenicales sont presque blanches, parfois grises ou d'un noir brunâtre. Eclat métallique très vif dans les cristaux non altérés. Opaque.

Propriétés chimiques. Comme *pyrite*. La marcasite s'altère beaucoup plus facilement que ce minéral.

Diagnostic. Voir à pyrite.

GISEMENTS

Sédiments.

La marcasite, très altérable, se rencontre dans des sédiments d'âge varié. Dans les lignites liasiques de la région d'Ampasindava, elle accompagne la

pyrite ; elle se trouve, avec gypse, dans les marnes jurassiques de la région d'Andranosamonta.

Des rognons de marcasite abondent (avec gypse) dans les marnes calloviennes du mont Tsitondroina (Nord d'Ankirihitra) et dans les lignites bathoniens d'Ambalanjanakomby. Les échantillons du mont Tsitondroina que m'a communiqués M. Lamberton sont cylindriques, à cassure fibreuse ; ils se transforment rapidement en mélantérite.

De petits mamelons fibreux de marcasite sont associés aux cristaux de calcite des druses des septaria des marnes crétacées d'Ankomaka.

Dans la baie de Diego-Suarez, la marcasite forme des nodules fibreux ou des masses hérissées de cristaux peu distincts dans les marnes à *Inocerames* de la baie des Amis et dans le bassin de la Betaitra ; elle y imprègne des grès à Antanamitarana, où elle est assez abondante pour que l'on ait songé à l'exploiter.

On la trouve aussi en nodules, souvent aplatis, ou allongés, dans les argiles tourbeuses quaternaires d'Antsolifara (vallée de la Manandona) et d'Ambano, au Nord-Ouest d'Antsirabe, à Antsolifara sur la Kelilalina (nodules vermiformes). Ces gisements sont très anciennement connus et, avant la conquête, les Malgaches les exploitaient pour la fabrication du soufre. Des nodules semblables ont été trouvés à 20 mètres de profondeur, dans les alluvions d'Antsirabe, traversés par un sondage destiné au captage des sources thermales.

Gîtes métallifères.

Certains lits quartzeux aurifères des gneiss renferment de la marcasite, beaucoup plus altérable que la pyrite qu'elle accompagne, plus pauvre encore en or que celle-ci et s'en distinguant par sa couleur d'un blanc verdâtre ; tel est le cas du gisement d'Anasaha, près Beforona.

La marcasite forme, sur les gros cristaux limpides de barytine de Ranomafana (Andavakoera), des croûtes cristallines, hérissées de cristaux a^1 (101), e^1 (011), p (001), avec parfois de petites facettes $b^{1/2}$ (111) et de larges faces striées m (110). Cette marcasite est très altérable et se conserve difficilement dans les collections.

MISPICKEL

FeAsS.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a:b:c = 0{,}67726 : 1 : 1{,}18817$; $mm = 111° 45'$; isomorphe de la marcasite. Mêmes macles que la marcasite.

Clivages. m (110) assez nets, traces suivant p (001). Cassure inégale.

Dureté. 5,5 à 6. Fragile. *Densité.* 5,9 à 6,2.

Propriétés optiques. Blanc d'argent à gris d'acier, se ternissant à l'air. Eclat métallique. Poussière noire grisâtre. Opaque.

Propriétés chimiques. La formule FeAsS correspond à la composition suivante As 46,0 ; S 19,7 ; Fe 34,3, dans laquelle un peu d'arsenic peut être remplacé par de l'antimoine ou du bismuth ; certains mispickels sont aurifères, argentifères ou cobaltifères.

Dans le tube fermé, le mispickel donne un sublimé rouge de réalgar, puis un anneau noir d'arsenic. Dans le tube ouvert, il dégage des vapeurs de SO^2 et laisse un sublimé blanc d'acide arsénieux. Fait feu sous le briquet, comme la pyrite, en dégageant une odeur alliacée.

Décomposé par l'acide azotique avec dépôt de soufre.

Diagnostic. La couleur et les réactions de l'arsenic permettent de distinguer le mispickel de la marcasite.

GISEMENTS

Je n'ai personnellement observé le mispickel que dans un gneiss aurifère du Betsiriry, provenant d'Ankarongana ; il y forme de petits cristaux indistincts de 1 à 2 millimètres au voisinage de lits quartzeux aurifères ; il a été rencontré au milieu de ceux-ci à Ambararatakely près d'Antsaily dans la même région.

De petites quantités de mispickel ont été signalées aussi dans le filon aurifère de Soavinarivo, dans le quartz aurifère du Fanantara et de la Beandro.

SYLVANITE

$(Au, Ag)Te^2$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 1{,}63394 : 1 : 1{,}12653$; $zx = 89° 35'$; $mm = 62° 56'$. Macles suivant o^1 (101), parfois polysynthétiques et formant alors des arborisations compliquées (*tellure graphique*). Clivage parfait suivant g^1 (010). Cassure inégale.

Dureté. 1,5 à 2. Fragile. *Densité.* 7,9 à 8,3.

Propriétés optiques. Gris d'acier à blanc d'argent, tirant sur le jaune. Eclat métallique très brillant.

Propriétés chimiques. Dans la formule $(Au, Ag) Te^2$, le rapport Au : Ag est variable ; dans le cas où il est 1 : 1, la composition est la suivante : Te 62,1 ; Au 24,5 ; Ag 13,4. Il existe parfois un peu de plomb et d'antimoine.

Dans le tube ouvert, donne un sublimé d'acide tellureux. Fusible au chalumeau en gouttes transparentes. Au chalumeau, sur le charbon, fond un globule gris entouré d'un enduit blanc qui se volatilise en colorant la flamme en vert bleu.

Soluble dans l'eau régale en donnant les réactions de l'or et de l'argent.

Diagnostic. Se distingue de la bismuthinite et de la stibine par ses réactions pyrognostiques.

GISEMENTS

J'ai rencontré la sylvanite sur un seul échantillon provenant du gisement aurifère de Voatavolana, que m'a communiqué M. Gaugé. D'un blanc d'argent, elle forme dans le quartz une petite masse englobant une paillette d'or natif ; le même quartz renferme de la magnétite.

Il est probable que des recherches feraient découvrir dans ce gisement de meilleurs échantillons de ce minéral, qu'il y aurait intérêt à étudier d'une façon plus complète ; je n'ai pu faire, en effet, sur lui que des essais qualitatifs.

SULFOSELS

ÉRUBESCITE

$5Cu^2S.Fe^2S^3$.

Propriétés cristallographiques. Cubique.

Clivages. Traces suivant a^1 dans les cristaux. Se trouve d'ordinaire en masses compactes ou grenues. Cassure inégale.

Dureté. 3. Fragile. *Densité.* 4,9 à 5,2.

Propriétés optiques. Rouge de cuivre à brun tombac dans la cassure fraîche ; prend à l'air de magnifiques irisations bleues ou rouges (*cuivre panaché*). Poussière d'un gris noir. Opaque.

Propriétés chimiques. La formule $5Cu^2S.\ Fe^2S^3$ correspond à la composition suivante : S 25,55 ; Cu 63,33 ; Fe 11,12. Certaines masses compactes présentent des variations de composition dues à des mélanges de chalcopyrite, de chalcosite, etc. L'érubescite est parfois argentifère ou aurifère. Les propriétés pyrognostiques sont les mêmes que pour la chalcopyrite.

Diagnostic. L'érubescite se distingue de la chalcopyrite par sa couleur rouge de cuivre : les produits d'altération de ces deux minéraux sont les mêmes.

GISEMENTS

Roches éruptives et leurs contacts.

Pegmatites. — L'érubescite forme des mouches dans la pegmatite d'Ampangabe.

Gîtes de contact. — En surface, l'érubescite a été le minéral principal du gise-

ment cuprifère d'Ambatofangehana, lors de l'exploitation de ce gîte par les Malgaches ; elle s'y trouvait en belles masses compactes, irisées, de couleur violacée, formant des veinules dans le calcaire (Pl. 3, fig. 5). Les échantillons que j'ai étudiés ont été recueillis par Villiaume au début de l'occupation française. D'après une analyse de M. Arsandaux, la composition chimique de cette érubescite est la suivante :

Cu.	62,5
Fe.	10,5
S (dif.).	27,0

La densité de l'échantillon analysé est de 4,90. La figure 3 de la planche 3 représente la photographie d'une surface polie de ce minéral, on voit qu'il est hétérogène ; il résulte de la transformation de chalcopyrite dont il reste, çà et là, des traces, il est traversé lui-même par des veinules de chalcosite noire, formée à ses dépens.

A Mahavazy, sur la rive gauche de l'Ivato, une érubescite semblable à celle du gisement précédent, forme des veines dépourvues de gangue au milieu des cipolins. Elle constitue aussi des mouches dans le quartz à Ambohimaletsa (Est d'Ambatofinandrahana).

Basaltes. — Une érubescite compacte, accompagnée de mouches de chalcopyrite, a été trouvée à Fanambana (15 kilomètres au Sud de Vohémar), dans un basalte altéré.

Filons quartzeux. — Des recherches sont faites actuellement à Androta, au Sud-Ouest de Vohémar, sur un filon de quartz traversant les gneiss et contenant une belle érubescite qui renferme 10 grammes d'or et 250 grammes d'argent à la tonne. Elle est associée à de la chalcopyrite et transformée aux affleurements en une masse caverneuse de stilpnosidérite, imprégnée de chessylite et de malachite. Ce gisement, dont je dois la connaissance à M. Fievet, fournit des échantillons de collection remarquables par l'éclat de leurs irisations bleues ou rouges.

Fahlbandes.

J'ai rencontré le même minéral, à l'état de mouches assez régulièrement distribuées, dans le gneiss à pyroxène d'Ambatomihefy, sur la Kiranomena, mais dans ce gisement, c'est la chalcopyrite qui constitue le minéral cuprifère principal.

L'érubescite existe sous la même forme dans un gneiss à pyroxène quartzifère du flanc occidental du mont Sarobaratra, à l'Est d'Ampitantafika.

CHALCOPYRITE

$Cu^2S.Fe^2S^3$.

Propriétés cristallographiques. Quadratique, hémiédrique sphénoédrique. $c = 0,98525$. Les cristaux sont souvent maclés suivant $b^{1/2}$ (111) ou a^1 (101), avec axe de rotation perpendiculaire ou suivant *m* (110), avec l'axe vertical pour axe de rotation. Le minéral forme aussi des masses compactes, grenues ou stalactiformes.

Clivages ; suivant $a^{1/2}$ (201), quelquefois nets, à peine distincts suivant *p* (001).

Dureté. 3,5 à 4. Cassure inégale. *Densité.* 4,1 à 4,3.

Propriétés optiques. Jaune de laiton, se ternissant à l'air avec fréquemment irisations rouges et bleues. Eclat métallique très vif. Poussière noire. Opaque.

Propriétés chimiques. La formule $Cu^2S.Fe^2S^3$ correspond à la composition suivante : S 35,0 ; Cu 34,5 ; Fe 30,5 ; il existe parfois des traces de thallium, de sélénium, d'or, etc.

Dans le tube fermé, décrépite et donne un sublimé de soufre. Au chalumeau, dégage des vapeurs sulfureuses.

Soluble dans l'acide azotique, avec dépôt de soufre ; la liqueur verte additionnée d'ammoniaque, devient bleue et donne un précipité de Fe^2O^3.

Altérations. Dans tous les gisements malgaches renfermant de la chalcopyrite compacte, ce minéral est plus ou moins altéré aux affleurements et traversé par un réseau de veinules de stilpnosidérite brune ou noire secondaire ; l'examen microscopique montre (Ambatofangehana) que celle-ci est imprégnée de malachite.

Diagnostic. La couleur jaune plus dorée, les réactions du cuivre constituent le diagnostic différentiel d'avec la pyrite (voir à érubescite).

GISEMENTS

Gîtes métallifères.

Veines quartzeuses et fahlbandes. — On trouvera dans le chapitre consacré aux gisements de cuivre l'indication de l'existence de la chalcopyrite dans les veines quartzeuses cuprifères de la région d'Ikalamavony (Imaina), dans les filons d'Androta, au Sud-Ouest de Vohémar, dans les fahlbandes d'Ambatomihefy, sur la Kiranomena ; c'est une chalcopyrite homogène, d'un jaune d'or foncé, souvent irisée.

Filons de quartz aurifères. — Le même minéral accompagne d'autres sulfures, dans les filons aurifères d'Andavakoera, de Bobasatrana et de la région d'Ambakirano.

Elle s'y trouve sous la même forme compacte, mais il est nécessaire de faire une mention spéciale pour de très beaux cristaux à faces brillantes, mais généralement

déformés, que j'ai rapportés du filon de Ranomafana. Ils ont souvent plus de $0^{cm},5$ de plus grande dimension ; associés à des cristaux à blende noire ils sont implantés dans les géodes, soit sur des cristaux de barytine, soit sur ceux d'ankérite qui reposent eux-mêmes sur des cristaux de quartz; ils paraissent être les derniers formés de cette association (Pl. 3, fig. 4). Ils présentent des formes simples, parmi lesquelles domine + et — $^1/_2$ $b^{1/2}$ (fig. 34); les macles suivant $b^{1/2}$ (fig. 35) ne sont pas rares.

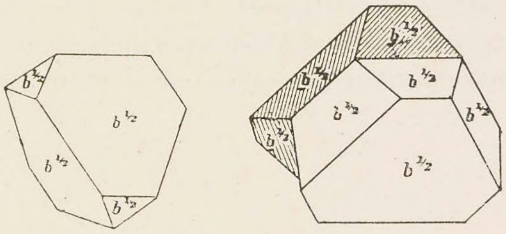


FIG. 34 et 35. — Chalcopyrite de Ranomafana. Formé simple (fig. 34). Macle suivant $b^{1/2}$ (fig. 35).

La chalcopyrite accompagne la pyrite et la panabase dans des filons quartzeux observés par Geay sur la rive droite de la Vohitra, au Nord-Est de Moramanga.

Je n'ai pas de renseignements sur le mode de gisement d'une chalcopyrite en belles masses homogènes qui m'a été récemment communiquée d'Ambararata près Ivohibe, dans le Sud du Betsileo.

Roches éruptives et métamorphiques.

Gîtes de contact. — La chalcopyrite constitue le minerai principal de certains niveaux du gîte de contact d'Ambatofangehana.

Schistes cristallins et roches éruptives. — La chalcopyrite est fréquente, mais seulement à l'état de mouches, dans beaucoup de roches métamorphiques (calcaire à scapolite d'Anosivola, au Sud de la Manambovona) et éruptives.

COSALITE

$2PbS.Bi^2S^3$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0{,}9187 : 1 : 1{,}4601$; $mm = 94° 51'$.
Dureté. 2,5 à 3. *Densité.* 6,4 à 6,8.

Propriétés optiques. Couleur gris de plomb ou d'acier. Eclat métallique. Poussière noire. Opaque.

Propriétés chimiques. La composition théorique correspond à : S 16,2; Bi 42,0; Pb 41,8. Une petite quantité de plomb peut être remplacée par de l'argent et du cuivre.

Fond facilement en donnant les réactions du soufre, du plomb et du bismuth.

Décomposée par l'acide azotique avec dépôt de sulfate de plomb : la solution étendue d'eau donne un précipité blanc (bismuth).

Diagnostic. Les réactions pyrognostiques (Pb et Bi).

GISEMENTS

Je rapporte à la cosalite un cristal engagé dans un quartz hyalin d'Amparindravato, recueilli par M. Florens dans les éluvions d'une pegmatite. Ce cristal est aplati et porte des stries parallèles à un allongement fort net. Je n'ai pu faire que des réactions microchimiques qui m'ont conduit à cette détermination.

PANABASE (Cuivre gris).

$4\,\text{RS}.(\text{Sb},\,\text{As})^2\text{S}^3.$

Propriétés cristallographiques. Cubique, hémiédrique, tétraédrique. Dans les cristaux, les formes tétraédriques prédominent. Macle suivant a^1. Le minéral forme des masses compactes et grenues. Cassure conchoïdale ou inégale.

Dureté. 3,4 à 4,5. Fragile. *Densité.* La densité varie avec la composition : 4,4 à 5,10.

Propriétés optiques. Gris d'acier à noir de fer. Eclat métallique très vif. Opaque.

Propriétés chimiques. Il existe des types antimonifères (*panabase*) et d'autre arsenifères (*tennantite*). Dans la formule donnée plus haut, R est surtout du cuivre, mais avec souvent des quantités, qui peuvent être notables, d'argent, de mercure, de zinc, de fer, de plomb, etc.

Dans le tube fermé, les cuivres gris fondent en donnant un sublimé rouge foncé de kermès (panabase) ou de réalgar (tennantite). Sur le charbon, ils fondent en donnant, suivant la composition, les enduits caractéristiques de l'arsenic, de l'antimoine, du zinc, du plomb ; ils fournissent un globule, qui, avec le carbonate de soude, donne un bouton de cuivre.

Soluble dans l'acide azotique, avec résidu de soufre et d'acide antimonique (panabase).

Diagnostic. La panabase se distingue des autres sulfoantimoniures par sa forme tétraédrique, de la bournonite par l'absence d'une quantité importante de plomb.

GISEMENTS

Je n'ai vu que deux échantillons de panabase provenant de Madagascar. L'un, engagé dans du calcaire et associé à un peu de quartz, provient du Nord d'Ambatofangehana ; il y a été trouvé dans les mêmes conditions que la chalcosite.

L'autre, à gangue exclusivement quartzeuse et mélangé avec de la galène, a été recueilli par Geay dans un gisement de la forêt du Nord-Est sur la rive droite de la Vohitra, au Nord-Est de Moramanga.

III

SELS HALOÏDES

(Chlorures, fluorures...).

HALITE

(Sel gemme, sel marin).

NaCl.

Propriétés cristallographiques. Cubique. Cristallise en trémies. Clivage : *p* parfait.

Dureté. 2,5. Fragile. *Densité.* De 2,1 à 2,6.

Propriétés optiques. Incolore, blanche, peut prendre différentes couleurs par suite d'inclusions variées. N = 1,5442.

Propriétés chimiques. Chlorure de sodium.

Fusible au rouge en colorant la flamme en jaune intense et recristallise par refroidissement.

Soluble dans trois fois son poids d'eau en donnant à la solution une saveur salée caractéristique. Dans le tube fermé, décrépite.

Diagnostic. La forme, la saveur salée et la coloration donnée à la flamme sont caractéristiques. Voir à sylvite.

GISEMENTS

Salines. — Aucun gisement de sel gemme n'a été rencontré jusqu'ici à Madagascar. Avant la conquête, les Hova exploitaient des salines sur la côte Nord-Est et Sud-Ouest dans des lagunes inondées par la mer aux hautes marées ou bien ils faisaient évaporer l'eau de mer placée dans des troncs d'arbres évidés.

Ces salines rudimentaires ont été exploitées notamment à Antonibe près Analalava ; à Kandrany dans l'estuaire de la Betsiboka ; aux environs de Soalala ; dans

la région de Morondava, notamment à Andranopasy, où, après les grandes marées, sur plusieurs kilomètres, le sol est couvert de cristaux de sel.

Actuellement, il n'y a pratiquement plus qu'une source notable de production du sel à Madagascar : elle consiste dans les salines installées et exploitées par les procédés modernes à Diego-Suarez près de l'embouchure de la Betaitra et surtout dans la baie d'Antongombato ; d'autres ont existé, au début de l'occupation française, dans la baie du Courrier.

Terres salées. — Il y a lieu cependant, au point de vue purement minéralogique, de signaler quelques gisements de terres salées.

Dans une plaine d'alluvions, reposant sur les gneiss et située à 20 kilomètres Nord-Ouest d'Ihosy et sur le bord d'une petite rivière, des efflorescences salines s'observent en grande abondance pendant les trois mois qui suivent la saison des pluies. Elles ont été activement exploitées jadis. Le produit de leur lavage fournissait un résidu sec, en grande partie formé de chlorure de sodium. D'autres gisements analogues se rencontrent dans la région du Mangoky, notamment au voisinage du confluent de ce fleuve et de la Menamaty, entre Bemavo et Iasira et sur la rive droite du Mangoky à l'Ouest-Nord-Ouest de Beroroha, sur les grès supérieurs du Trias ; ces efflorescences salines se trouvent au fond de ruisselets ne renfermant de l'eau que pendant la saison des pluies.

A citer encore les environs de Bemona, au pied de l'Isalo.

Sources salées. — On trouvera dans le tome II quelques indications sur plusieurs sources salées de l'île ; je me contenterai d'indiquer ici que les sondages effectués pour le pétrole à Folakara ont mis à jour des venues d'eau salée, analogues à celles constatées jadis par Villiaume dans ses sondages d'Ankaramy.

SYLVITE

KCl.

La sylvite présente les mêmes propriétés que la halite, mais sa densité n'est que de 1,97 à 1,99 (Na). Son indice de réfraction (Na) = 1,49031. Sa saveur est moins salée et un peu différente de celle de la halite.

Ce minéral est du chlorure de potassium [Cl 47,6 ; K 52,4], il fond au chalumeau en colorant la flamme en violet.

Sels de plantes. — Il n'existe pas à Madagascar de gisements de sylvite, mais par contre, le chlorure de potassium forme la plus grande partie du sel extrait d'une façon indirecte du sol malgache par lessivage des cendres de certaines plantes ;

avant l'occupation française les indigènes effectuaient cette opération par nécessité; par habitude, elle n'est pas encore aujourd'hui absolument abandonnée, et j'ai pu examiner quelques échantillons de ce sel. Cette coutume était en usage dans l'*Imerina*, le *Betsileo*, l'*Antsihanaka*, le *Bezanozano*; les principaux centres d'exploitation étaient Antsirabe, Mahatsinjo au Nord-Ouest du lac Itasy et Manjakandriana.

On distingue deux sels de plantes, l'un (*sira hazo*) (analyse *a*) est obtenu par lessivage des cendres de végétaux appartenant tous, sauf un Ficus (*Ficus sakalavorum*), à la famille des Amaranthacées ; il est employé comme condiment et sert aussi à la fabrication du savon indigène. L'autre (*sira vondrona*), est fabriqué à Antsirabe avec les cendres du *Typha angustifolia*, vivant au voisinage des sources (analyse *b*) ; il est utilisé comme médicament et comme condiment. Voici les analyses (interprétées), faites par M. Pisani.

	a	*b*
KCl.	84,50	55,50
NaCl.	5,85	35,50
$CaCl^2$.	»	5,10
Na^2SO^4.	9,10	4,48
H^2O.	1,25	0,50
	100,70	101,08

L'examen microscopique montre que le sulfate de sodium se trouve sous forme de thenardite, ce qui s'explique par la température à laquelle est effectuée l'évaporation de la liqueur saline ; les chlorures sont à l'état de petits cubes de halite et de sylvite. La prédominance du KCl sur le NaCl dans *a* est conforme à ce qui s'observe dans les sels de plantes de différentes régions africaines. La haute teneur en chlorure de sodium dans le sel d'Antsirabe est certainement due à l'abondance du carbonate sodique apporté par les sources thermales dans le sol, où vivent les plantes employées, et il est intéressant de faire remarquer l'action sélective de celles-ci sur les sels qu'elles absorbent. L'analyse des efflorescences de cette région qui sera donnée plus loin (voir à *natron*) montre, en effet, que la soude y prédomine de beaucoup sur la potasse, mais dans le sel de plantes, la potasse reste plus abondante que la soude.

CÉRARGYRITE

AgCl.

Propriétés cristallographiques. Cubique. Cassure conchoïdale.
Dureté. 1 à 1,5. Sectile. *Densité.* 5 à 5,5.
Propriétés optiques. Incolore, gris perle ou jaune verdâtre. Transparente à translucide ; devient

d'un brun violet et opaque par exposition à l'air. Eclat résineux ou adamantin : (Na) = 2,0611.

Propriétés chimiques. La composition correspondant à la formule : AgCl est la suivante : Cl 24,7; Ag 75,3. Sur le charbon, fusible en laissant un globule d'argent.

Insoluble dans les acides, très soluble dans l'ammoniaque.

Diagnostic. La sectilité, la réfringence et le changement de coloration à l'air constituent les caractéristiques de ce minéral.

GISEMENTS

J'ai rencontré [31] la cérargyrite dans des échantillons de cérusite d'Ampiadiambato, au Nord d'Ambatofangehana, sous forme de croûtes cristallines translucides ; elles sont d'un jaune verdâtre et peu abondantes.

FLUORINE

CaF^2.

Propriétés cristallographiques. Macle par pénétration suivant a^1. Forme des cristaux ou des masses clivables à éléments plus ou moins gros et aussi des masses fibrolamellaires.

Clivages : parfaits suivant a^1 (111), donnant souvent des surfaces gondolées.

Dureté. 4. *Densité.* 3,18.

Propriétés optiques. Incolore, jaune, violette, bleue, verte, rarement rose ou rouge ; la distribution du pigment coloré est très inégale. Eclat vitreux très vif, parfois un peu nacré sur les lames de clivage. Poussière blanche. Monoréfringente ; NF = 1,4339.

Propriétés chimiques. La formule CaF^2 correspond à la composition suivante : F 48,9 ; Ca 51,1

Dans le tube fermé, décrépite et devient phosphorescente. Au chalumeau, fond facilement en colorant la flamme en rouge et en donnant un émail à réaction alcaline.

Traitée par l'acide sulfurique, dégage des fumées d'acide fluorhydrique qui attaquent violemment le verre.

Diagnostic. La forme cristalline, les clivages octaédriques, l'éclat vitreux, la fusibilité et la réaction fournie par l'acide sulfurique ne permettent de confondre la fluorine avec aucun autre minéral.

GISEMENTS

La fluorine parait fort rare à Madagascar ; je ne les connais que dans les quelques gisements suivants :

Roches éruptives et contacts.

Granites et pegmatites. — Dans la pegmatite d'Ambohitravorano (vallée de la Sahatany), elle se trouve en petits cristaux violacés inclus dans l'amazonite d'un

vert clair. Je me suis assuré que ce n'est pas là un minéral de fentes, mais bien un élément de la roche.

Des mouches de fluorine violette accompagnent les gros cristaux de zircon de la pegmatite du mont Ampanobe.

La fluorine entre dans la constitution de quelques filons de granite à riebeckite d'Ampasibitika (petites masses clivables violettes), mais c'est surtout dans les roches métamorphisées à leur contact, et particulièrement dans les calcaires, qu'elle abonde comme élément microscopique ; elle y forme des grains ou de petits cristaux violacés, incolores en lames minces.

Syénites néphéliniques. — La fluorine en petits cristaux violets est englobée, avec zircon et aiguilles d'aegyrine, dans l'analcime intersertale des syénites néphéliniques à aegyrine de Nosy Komba.

Schistes cristallins.

Calcaires cristallins. — De la fluorine d'un violet sombre ou jaunâtre forme des plages irrégulières ou de petits cubes dans un calcaire cristallin entre Ampanihy et Tsiombe.

Je dois à M. J. Giraud un échantillon de fluorine en octaèdres d'un beau vert, engagés dans de la calcite laminaire ; il lui a été donné comme provenant du mont Vohibory (dans cipolin ?). Cette fluorine présente par chauffage une belle fluorescence violette.

Gneiss. — M. Rouaix a rencontré dans les déblais des recherches aurifères effectuées sur les gneiss à pyroxène de la Sahofa, de petits cristaux de fluorine de 3 à 5 millimètres de diamètre.

IV

OXYDES

QUARTZ

SiO^2.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique, hémiédrique holoaxe. $c = 1,09997$; $pp = 94°15'$. Macles à axes parallèles très fréquentes, par accolement ou par pénétration, symétrique par rapport à e^2 $(10\bar{1}0)$, d^1 $(11\bar{2}0)$ ou plus rarement a^1 (0001); macle de deux individus, symétriques par rapport à ξ $(11\bar{2}2)$ (macle de la Gardette).

Plans de séparation difficiles suivant p $(10\bar{1}1)$, $e^{1/2}$ $(01\bar{1}1)$, e^2 et a^1. Cassure conchoïdale ou inégale.

Dureté. 7. *Densité.* 2,65.

Propriétés optiques. Incolore. Blanc, jaune (*quartz citrin*), brun ou noir (*quartz enfumé*), rose, violet (*améthyste*); prend des colorations variées sous l'influence d'inclusions microscopiques : bleue (lazulite), rouge ou jaune (oxydes de fer), vert clair (fuchsite), vert poireau (chlorite), etc.

Uniaxe et optiquement positif. Polarisation rotatoire ; $n_g = 1,5533$; $n_p = 1,5442$.

Propriétés chimiques. Silice anhydre pure.

Infusible au chalumeau.

Insoluble dans les acides, sauf l'acide fluorhydrique.

Diagnostic. La forme des cristaux et en particulier leur hémiédrie, la dureté, le pouvoir rotatoire, les autres propriétés physiques, sont caractéristiques du quartz.

GISEMENTS

Le quartz est un des minéraux les plus répandus à Madagascar. Il entre dans la constitution d'un grand nombre de roches éruptives (granites, rhyolites, etc.), de schistes cristallins (gneiss, micaschistes, etc. [1]) ; il constitue à lui seul, en totalité ou en partie, des quartzites et des grès ainsi qu'un grand nombre de filons et de

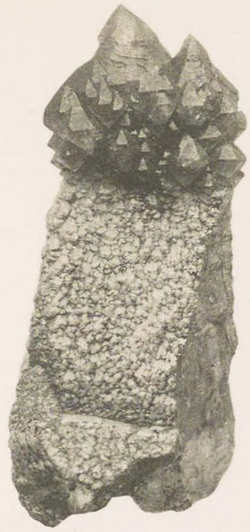
1. La phlogopite de Volonandrongo renferme parfois entre ses clivages des lames minces translucides de quartz, à faces parallèles, constituées par de petits cristaux n'ayant pas de formes individuelles.



1



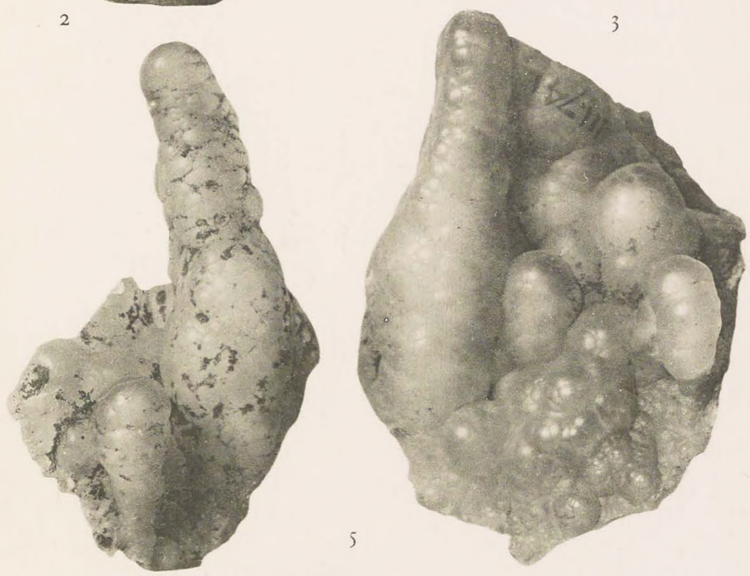
2



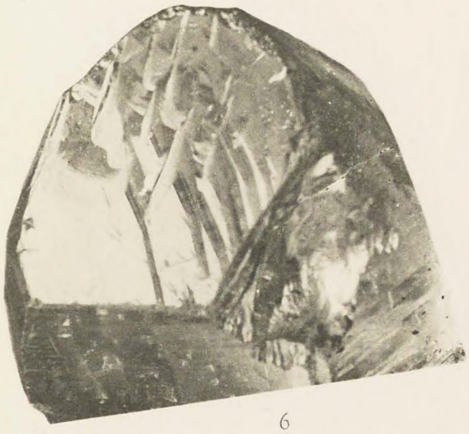
3



4



5



6



7

Clichés Cintract et Fallou

Imp. Catala frères, Paris.

Quartz améthyste et quartz blanc ; Tongafeno (fig. 1) ; Ambatofotsikely (fig. 2 et 3) ; *Quartz enfumé ;* Maharitra (fig. 4). — *Quartz hyalin* (figures d'accroissement) ; Inanatonana (fig. 6) ; *Calcédoine ;* Antongodrahoja (fig. 5) ; *Moulage de calcite ;* Ampasimpitely (fig. 7).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

veinules intercalés dans les schistes cristallins ou traversant les roches les plus diverses.

Je ne m'occuperai ici que des gisements dans lesquels ce minéral présente quelque particularité spéciale.

Malgré l'énorme quantité de cristaux de quartz de Madagascar qui ont été

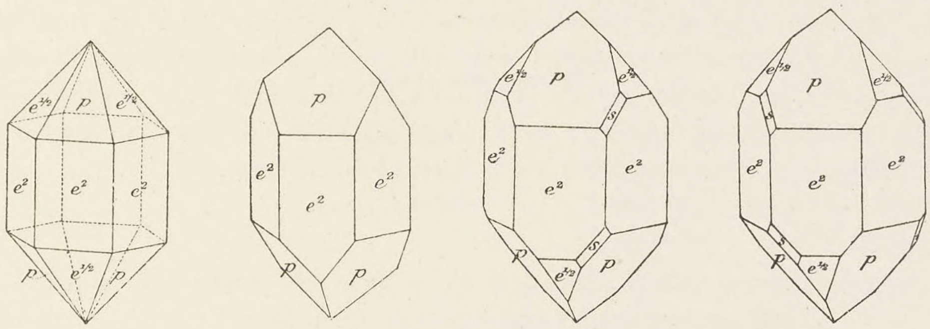


Fig. 36 à 39. — Quartz. Formes communes.

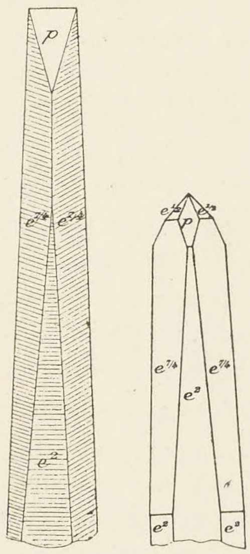


Fig. 40 et 41. — Quartz terminé par des rhomboèdres aigus. Formes communes.

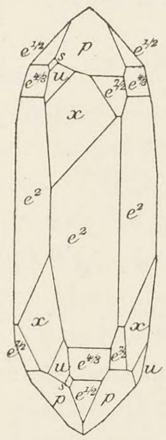


Fig. 42. — Quartz. Combinaison commune.

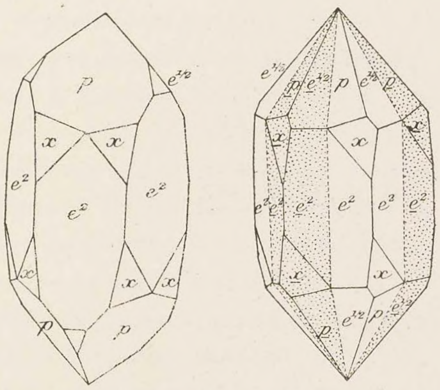


Fig. 43 et 44. — Quartz. Figures schématiques montrant les macles symétriques par rapport à d^1 (fig. 43) ou à e^2 (fig. 44) grâce à l'existence du plagièdre x.

examinés, le nombre des formes observées n'est pas très considérable et sera certainement augmenté dans l'avenir. Ces formes sont actuellement les suivantes :

Rhomboèdres directs.

$e^{12}(13 . 0 . \overline{13} . 10)$ $e^{21/5}(26 . 0 . \overline{26} . 11)$ $e^{31/11}(14 . 0 . \overline{14} . 3)$ $e^{11/5}(16 . 0 . \overline{16} . 1)$.
$e^{9}(10 . 0 . \overline{10} . 11)$ $e^{7/2}(30\bar{3}1)$ $e^{8/3}(11 . 0 . \overline{11} . 2)$
$e^{13/2}(50\bar{5}3)$ $e^{3}(40\bar{4}1)$ $e^{17/7}(80\bar{8}1)$
$e^{5}(20\bar{2}1)$ $e^{29/10}(13 . 0 . \overline{13} . 3)$ $e^{9/4}(13 . 0 . \overline{13} . 1)$

Rhomboèdres inverses.

$e^{7/8}(0 . 15 . \overline{15} . 9)$ $e^{7/5}(04\bar{4}1)$ $e^{5/3}(08\bar{8}1)$
$e^{5/4}(03\bar{3}1)$ $e^{3/2}(05\bar{5}1)$ $e^{19/11}(0 . 10 . \overline{10} . 1)$
$e^{13/10}(0 . 23 . \overline{23} . 7)$ $e^{11/7}(06\bar{6}1)$ $e^{7/4}(0 . 11 . \overline{11} . 1)$
$e^{\ /3}(07\bar{7}2)$ $e^{1\ \ 8}(07\bar{7}1)$

Hémi-isoscéloèdre : $s(11\bar{2}1)$.

Plagièdres :

Zone $pe^{1/2}$.

$H_2(31\bar{4}4)$, $\xi^4(25\bar{7}7)$, $\gamma_2(3 . 7 . \overline{10} . 10)$, $\beta_1(13\bar{4}4)$, $\beta(27\bar{9}9)$.

Zone $e^{1/2}\ s\ e^2$.

$T_1(14\bar{5}4)$, $u(31\bar{4}1)$, $y(41\bar{5}1)$, $x(51\bar{6}1)$, $v_2(17 . 1 . \overline{18} . 1)$.

Zone $p\ s\ e^2$.

$T'_2(26 . 15 . \overline{41} . 26)$, $t(32\bar{5}3)$, $\varepsilon(12\bar{3}1)$, $\mu = e_{1/2}(13\bar{4}1)$, $n(1 . 12 . \overline{13} . 1)$.

Zone px.

$\chi_3(17 . 9 . \overline{26} . 17)$.

Roches éruptives.

Granites. — En général, dans les granites, le quartz est grisâtre ou d'un gris de fumée, mais dans quelques roches, il présente un aspect différent ; il est bleu avec une teinte laiteuse ou d'un bleu plus vif dans un granite (ou pegmatite laminée) d'Ambararata, entre Imanombo et Antanimora (Androy), dans des granites à grands éléments (Nord-Est d'Angavokely, à 25 kilomètres Est de Tananarive) ou

bien vert ; j'ai observé cette même couleur dans les fragments clastiques de quartz ancien et dans le quartz néogène de l'arkose d'Ambatofotsy, près Malaimbandy.

Pegmatites. — Le quartz se trouve dans ces roches en masses énormes ; elles sont grises, blanches, rarement noirâtres dans les pegmatites lithiques, alors que fréquemment, dans les pegmatites potassiques et notamment dans celles à béryl, le quartz est d'un rose magnifique (Ampangabe, Tongafeno, Samiresy, Sahanivotry, etc.) qui le fait exploiter pour l'ornementation. Cette belle coloration rose ne s'observe que dans les parties des filons voisines de la surface, dès que la carrière s'approfondit, le quartz passe au gris ; par insolation, aux affleurements, cette coloration s'atténue, puis disparaît. Plus rarement (Ambatohatrano, près Volonandrongo), ce quartz est bleu clair ; il est vert dans certaines pegmatites de l'Androy.

Les cryptes des pegmatites, datant de la période finale, pneumatolytique, de l'histoire de la roche, renferment de très beaux cristaux de quartz.

Dans les pegmatites potassiques, ils sont quelquefois incolores, plus souvent jaunes (Andranomiely, au Nord d'Ankazobe) ou bien enfumés (Ambatomainty, au Sud de Betroka) ou encore améthystes (Tongafeno ; Andranovola près Ambohimarina ; Ampangabe ; Ambatolampikely ; Sama ; Fiadanana ; Ambatofosikely, Ambatomanga, à 1 500 mètres d'Ambatofotsy (gisement de betafite) ; Midongy ; Ikalamavony ; Tsiombe ; etc.).

A Ambohibe, au Sud de Betafo, un filon de pegmatite se termine par un filon surtout quartzifère dont les cryptes sont tapissées par des cristaux de microcline et d'améthyste. Ce dernier minéral présente une disposition très fréquente dans ce genre de gisement, le groupement à axes parallèles d'un grand nombre de cristaux de dimensions et de couleur différentes, à faces souvent inégales et creusées de larges cavités (Pl. 4, fig. 1). Fréquemment, dans ces associations les cristaux les derniers formés n'ont pas la même couleur que les autres ; ils sont améthystes par exemple, alors que les premiers sont incolores ou enfumés. Le *quartz sceptre* constitué par un cristal allongé suivant l'axe vertical, surmonté par un autre un peu raccourci et parfois de plus grand diamètre, est fréquent aussi (Pl. 4, fig. 2) ; souvent le cristal terminal est violet, alors que son support est blanc (Pl. 4, fig. 1 et 3) ; dans d'autres cas (Ambatofotsikely, etc.), les faces prismatiques de celui-ci sont blanches, opaques et rugueuses, alors que les faces de la pyramide sont planes, brillantes et violettes.

Des cristaux d'une belle couleur améthyste claire, présentant cette même structure et possédant jusqu'à 4 centimètres de diamètre ont été récemment découverts par M. Lemesle dans la région de la Mahatsarakely, sur la route de Mora-

manga à Ambatondrazaka. Il en existe aussi près d'Ambalavao et au mont Vohiposa près Ambohimahasoa.

Il est intéressant de remarquer que la couleur violette de l'améthyste, si fréquente dans les cristaux drusiques du quartz des pegmatites, n'existe jamais dans celui qui entre comme élément de la roche, alors qu'inversement la coloration rose, si commune dans le quartz essentiel des pegmatites, n'a jamais été rencontrée dans les cristaux drusiques transparents.

Le quartz des druses renferme quelquefois des inclusions de longues et fines aiguilles de rutile d'un blond doré (*cheveux de Vénus*) (Pl. 9, fig. 1) ou supporte des cristaux du même minéral, d'hématite, de sphène (Fiadanana, sur le Kitsamby). Des inclusions d'hématite rouge ou noire se trouvent dans les cristaux d'améthyste (Amparikaolo, Ouest de Soavinandriana), et parfois dans des cristaux de quartz enfumé, zonés d'améthyste, elles sont alors localisées à la limite des deux couleurs (Amparindravato). A Madiomby, des cristaux de quartz très limpide contiennent des inclusions arborescentes, nacrées, qui paraissent occuper la place de mica disparu. A Soavina, au Nord d'Ambatofinandrahana, des cristaux de quartz à faces très brillantes sont colorés en noir par des aiguilles de tourmaline.

De très beaux cristaux de quartz à faces éclatantes se trouvent aussi dans les cryptes des pegmatites sodo-lithiques ; l'améthyste y est exceptionnelle (Tsilaizina) ; le plus souvent, les cristaux sont enfumés, jaunâtres ou blancs (Antaboaka, Tampombohitra, Anjanabonoina et surtout Maharitra) ; dans ce dernier gisement, en particulier, les cristaux peu allongés, à faces très réfléchissantes, ont jusqu'à 25 centimètres de longueur. Les développements irréguliers des faces et les allongements anormaux sont fréquents (Maharitra) ; à Anjanabonoina, j'ai recueilli des cristaux extrêmement aplatis suivant e^2.

A Maharitra, j'ai observé de curieux arrêts de développement sur tout ou partie de certaines des faces qui apparaissent en creux et sont couvertes de petits cristaux et de divers minéraux (rubellite, bityite [Pl. 18, fig. 4], lépidolite) manquant sur les faces normalement développées. Il n'est pas rare qu'après une semblable interruption dans l'accroissement d'un cristal de quartz, celui-ci ait été couvert de cristaux d'albite, de bityite, etc., irrégulièrement distribués à sa surface, puis qu'ensuite une nouvelle cristallisation de quartz soit venue encapuchonner ces cristaux et leur support en les recouvrant d'une couche assez limpide pour laisser voir par transparence les minéraux qu'elle a emprisonnés. Ce quartz englobe souvent des cristaux d'albite et de tourmaline rose.

Les cristaux drusiques de quartz de pegmatites sont fréquemment constitués par

le groupement à axes parallèles d'un grand nombre d'individus de même forme (Maharitra) (fig. 45) ou par diverses macles à axes parallèles (Pl. 4, fig. 4) ; il en est de même de ceux que l'on peut extraire de la pegmatite elle-même.

Les éluvions de la pegmatite d'Anjanabonoina renferment des cristaux de quartz, colorés en bleu verdâtre par de fines aiguilles de tourmaline.

D'une façon générale, les cristaux drusiques de quartz des pegmatites sont pauvres en faces ; ils sont allongés suivant l'axe vertical et très fréquemment p domine sur $e^{1/2}$ (Pl. 26, fig. 5) ; les formes hémièdres sont rares et le plus souvent réduites à s et x. Néanmoins ce quartz appartient toujours à la forme α qui a cristallisé au-dessous de + 575° C.

L'examen de lames taillées perpendiculairement à l'axe de ces cristaux drusiques, montre souvent (Anjanabonoina) des macles très régulières.

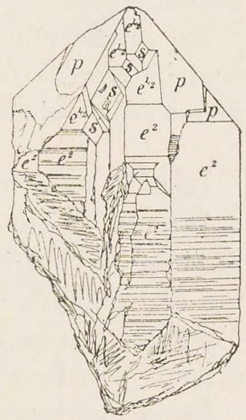


Fig. 45. — Quartz de Maharitra, à structure polysynthétique.

On recueille souvent ces cristaux au milieu des produits d'altération de la roche et leurs faces sont parfois corrodées. C'est sous cette forme qu'à Sama, ont été trouvés des cristaux de 5 à 6 centimètres de longueur, bipyramidés, caractérisés par l'absence ou la réduction de e^2 et le grand développement de rhomboèdres aigus $e^{7/2}$, $e^{8/3}$, $e^{9/4}$, $e^{7/5}$, $e^{5/3}$, etc., accompagnant p et $e^{1/2}$ (fig. 46 et 47). Ces

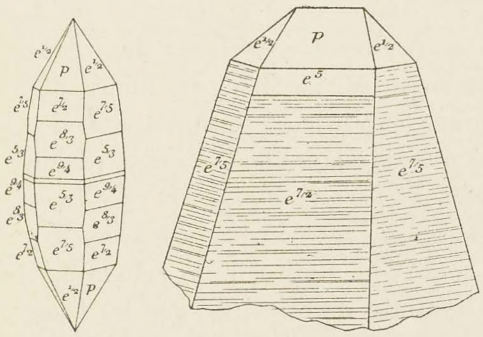


Fig. 46 et 47. — Quartz enfumé de Sama.

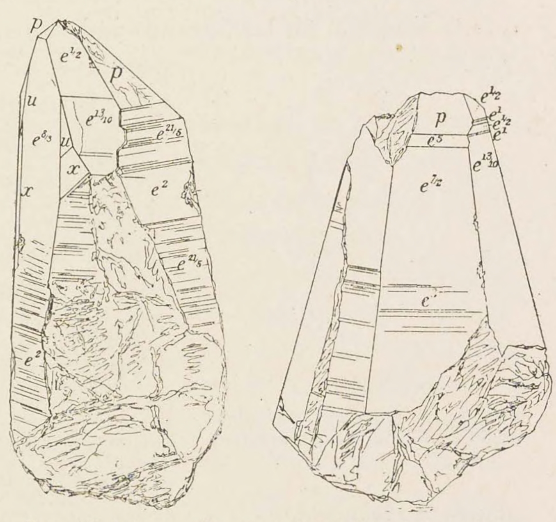


Fig. 48 et 49. — Quartz enfumé d'Ambatomainty, au Sud de Betroka.

cristaux renferment des cavités en forme de cristaux négatifs contenant un liquide avec une grosse bulle qui se déplace aisément. Des cristaux analogues, mais de

plus grande taille, se trouvent dans la Fanambana, au Sud-Ouest de Vohémar ; des lamelles de muscovite leur sont quelquefois adhérentes.

Les figures 48 et 49 représentent les cristaux enfumés d'Ambatomainty, au Sud de Betroka, qui ont été étudiés par M. Gonnard [18], auquel je les avais communiqués.

Le quartz enfumé, en cristaux nets, n'est pas toujours drusique ; il est parfois englobé dans le feldspath ; les cristaux de ce genre possèdent parfois de très grandes dimensions (Morafeno, dans la vallée de l'Ingalana).

Dans la pegmatite graphique, le quartz, très allongé suivant l'axe vertical, présente des formes cristallitiques qui apparaissent en relief quand le feldspath est kaolinisé ou latéritisé. Ces cristaux ne sont pas toujours limités par des faces planes continues, mais quelquefois (Amparikaolo, *Betsiriry*), il est possible d'extraire de la roche des cristaux déformés, très aplatis, groupés à axes parallèles et pourvus de faces assez irrégulières.

Filons quartzeux en relation avec les pegmatites. — J'ai observé en place à Ampangabe [63] un type de filon quartzeux qui donne la clé de l'origine de certains de ces blocs énormes de quartz hyalin, parfaitement limpides, dépourvus de toute forme géométrique, que l'on trouve dans le lit de certains cours d'eau de l'île.

Le filon d'Ampangabe traverse le gneiss ; il est entièrement constitué par du quartz limpide, en très grands individus, dépourvus de formes géométriques ; on peut à cet égard le comparer à de la glace de rivière. Çà et là, ce quartz renferme des traînées d'inclusions liquides, à bulle que l'on voit se déplacer quand on incline l'échantillon (comme dans la figure 2 de la planche 6) ; elles sont disposées suivant des plans définis. Il renferme aussi, sur les bords des filons, des cristaux d'épidote longs de plusieurs centimètres et des groupements vermiculés de ripidolite. Il n'existe pas de druses à cristaux, mais des fissures limitées par des faces en creux ou en relief, souvent courbes, identiques à celles décrites jadis par Vom Rath sur un échantillon de Madagascar. Ce savant a montré [99] que les faces planes correspondent à e^2 et les faces courbes, les unes à l'hémi-isoscéloèdre ξ $(11\bar{2}2)$ et les autres au scalénoèdre l $(81\bar{9}7)$. La figure 50 représente la forme théorique du solide, constitué par cette curieuse combinaison ($le^2 = 144°56'$; $l\xi = 161°6'$; $ll = 139°43'$). Je possède un échantillon analogue provenant de la région de Kandreo. A la symétrie près, ces figures ont une grande analogie d'aspect

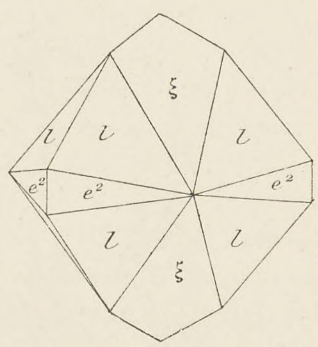


Fig. 50. — Quartz. Figure théorique des formes d'accroissement.

général avec celles représentées par la figure 5 de la planche 27 (scapolite).

Le filon d'Ampangabe est en relation avec la pegmatite voisine, car, dans d'autres localités de l'île, on trouve inclus dans un quartz limpide identique, des cristaux de muscovite, de longues aiguilles de tourmaline noire (Mangily dans la vallée de la Loky ; Ratambazaha à 2 jours Ouest de Tamatave ; Miakanjovato, etc.), de fines aiguilles de rutile d'un blond doré (*cheveux de Vénus*) (Sud et Ouest de Betafo ; Anjanabonoina, Midongy), ou bien des rhomboèdres de sidérite, des cristaux de cosalite (Nord d'Amparindravato).

Il existe aussi des filons de quartz rose rappelant ceux des pegmatites, mais qui ne renferment pas de feldspaths, tels sont ceux que j'ai rencontrés sur le sentier allant d'Imerimandroso à la forêt de l'Est; on y voit des portions incolores, transparentes, et d'autres, dans lesquelles un zonage régulier, de coloration plus ou moins rose, montre que ces masses, dépourvues de toute forme géométrique, ne sont pas finement grenues, mais formées par d'énormes individus cristallins.

Dans les quartzites de la haute Mianjona, se trouvent, près de Mandro, au voisinage des pegmatites, des veinules de quartz tout à fait limpide ou simplement translucides qui contiennent des lames de biotite de 4 à 5 centimètres de diamètre, disposées dans tous les sens et s'entrecoupant ; elles limitent entre elles des solides à angles vifs et à faces planes et brillantes qui peuvent être facilement détachés grâce au clivage du mica ; ils simulent alors des cristaux distincts, mais leurs angles sont quelconques.

Je signalerai certains filons nets de quartz qui sont constitués, au moins localement, par du quartz translucide, opalescent, tantôt blanchâtre, tantôt rosé ; j'en ai vu, en place au milieu des quartzites [1], en faisant l'ascension du versant oriental du mont Bity ; il en existe aussi au milieu des gneiss d'Ambatondrazaka.

Roches volcaniques. — Je renvoie à la page 217 pour les indications concernant les nodules siliceux des roches basaltiques altérées. Je ferai remarquer seulement ici que souvent ceux-ci renferment des cavités tapissées par des cristaux de quartz hyalin ou améthyste, généralement réduits à un pointement birhomboédrique.

Voici quelques gisements entre mille : Ankazoberavina ; presqu'île d'Ambato ; Ankarafantsika ; plateau d'Antanimena ; entre le Ranobe et le Manambao ; Mahaferinaina au Sud d'Analalava ; mont Tsitondroina ; sur la côte Nord-Est, près Bemanevika.

1. Le quartz bleu de ciel, translucide, du mont Bity n'est autre chose qu'un quartzite à très gros grain, coloré par des inclusions microscopiques de lazulite ; à Soavina, un quartz est coloré de même par de fines aiguilles de dumortiérite ; le quartz vert d'Ambaliha sur le Sambirano, celui d'Antsahavony et d'Ambatobe sont colorés par de petites lamelles de fuchsite (voir à ce minéral).

A Ampasimpitily[1] (Ouest de la presqu'île d'Ankarefo) et dans l'îlot d'Ankazoberavina, se trouvent des masses de quartz vert foncé ou vert poireau, formées par le groupement de cristaux autour d'un centre : elles sont parfois tachetées de rouge par des inclusions ferrugineuses.

A Anjiakely, près Bekiady, les basaltes renferment des nodules de la grosseur du poing constitués par des fibres de quartz très serrées, opaques, d'un blanc laiteux que l'on pourrait prendre, n'était leur dureté, pour une zéolite.

Ces productions siliceuses ne sont pas spéciales aux roches basaltiques ; du quartz hyalin et du quartz prase translucides se trouvent aussi dans les fentes des rhyolites de l'Androy, notamment près d'Amboloakoho.

Filons métallifères.

Je ne cite que pour mémoire les filons métallifères ; ceux de la région d'Andavakoera qui, au lieu d'être constitués, comme la plupart des filons quartzeux ou des veines quartzeuses intercalées dans les schistes cristallins, par des gros cristaux sans forme nette, à cassure uniforme, présentent la particularité d'être exclusivement constitués par des cristaux distincts, lâchement accolés ; implantés perpendiculairement aux parois ils ne se terminent dans les géodes que par des pointements p et $e^{1/2}$ (voir tome II à *Or*).

Ce quartz limite parfois (Ranomafana) des cavités ayant la forme de rhomboèdres très aigus correspondant à des cristaux de calcite enlevés par dissolution[2].

Roches métamorphiques.

Cryptes à cristaux dans les quartzites. — Tout le quartz hyalin exploité actuellement en place à Madagascar, provient de cryptes à cristaux, localisées dans les quartzites; elles sont souvent distribuées en chapelets et fréquemment inclinées de 30 à 80° sur la stratification. Ces cryptes atteignent jusqu'à 6 mètres de plus grande dimension. Ce mode de gisement est semblable à celui fournissant les cristaux du Brésil qui présentent beaucoup d'analogie avec ceux de Madagascar; dans la province de Goyaz, ces quartzites sont très durs, tandis que dans celle de Miñas Geraes (Congonhas do Campo), ils sont souvent friables. Là, comme à Madagascar, les cristaux de quartz hyalin nes ont accompagnés d'aucun autre minéral.

Dans ces cryptes, les prismes de quartz, mesurant de quelques centimètres à

1. Dans ce gisement se trouvent des moulages en bons creux de gros rhomboèdres (e^1) de calcite, constitués par du quartz (Pl. 4, fig. 7).

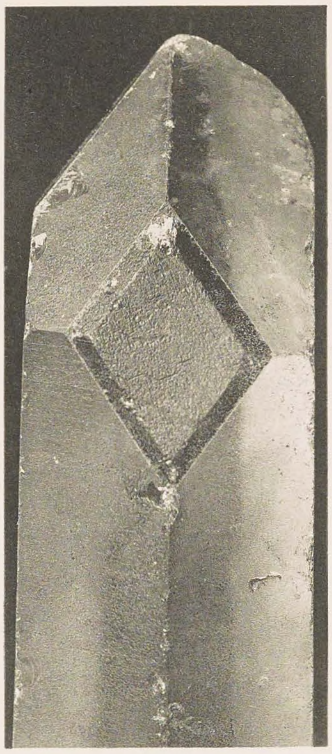
2. On trouvera dans la description de la calcite l'indication d'autres exemples de ces périmorphoses de calcite en quartz.



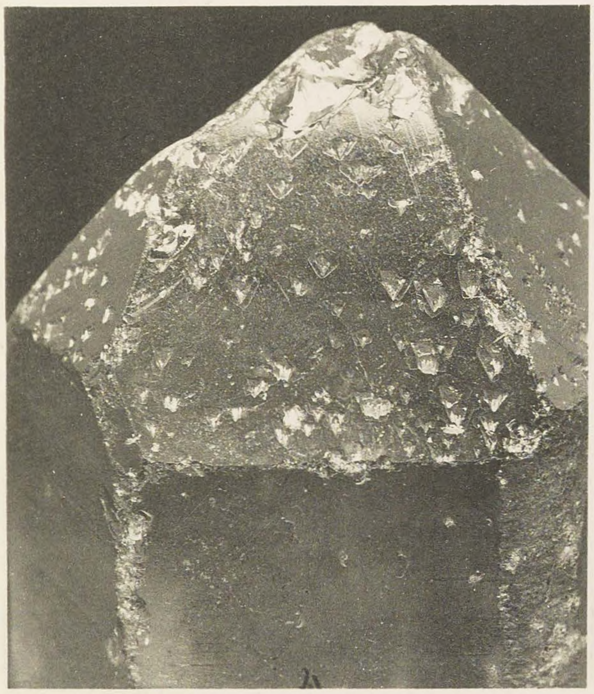
1



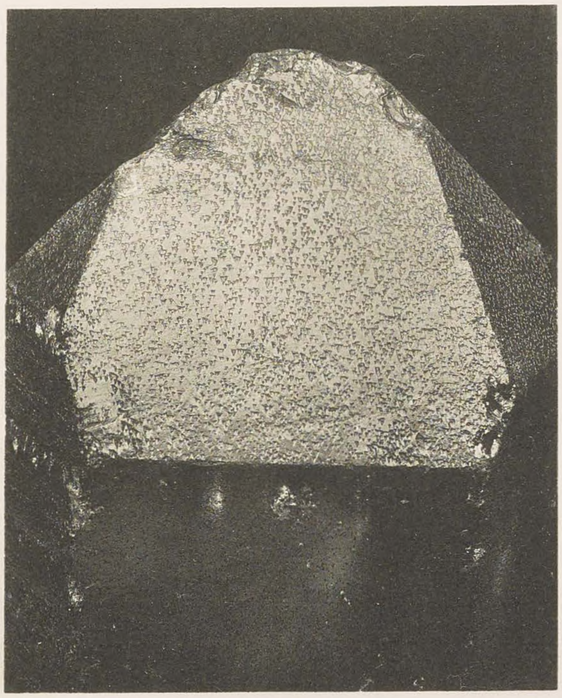
2



3



4



5

Clichés Cintract. Imp. Catala frères, Paris.

Quartz hyalin ; Anketsaketsa (fig. 1 à 5). Figures d'accroissement (fig. 2). Figures de corrosion (4 et 5).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

plnsieurs décimètres de longueur, sont implantés d'une façon quelconque par rap-rapport à la paroi; on en trouve souvent de brisés au milieu de la cavité comblée par une argile blanche ou plus rarement par une argile ferrugineuse. Voici quelques gisements caractéristiques.

Dans la région du lac Alaotra, les environs d'Ambatondrazaka ; Sahamadita dans la région de Moramanga. Au Sud-Ouest de l'Ankaratra : la région d'Inanatonana, puis, entre l'Andrantsay et la Mania, la région d'Anjanabonoina, le mont Volavaky, le mont Tsikabasy, le mont Fandralava, le Nord-Ouest d'Ankonahona, Laovolona, Ambohimanambolo : puis, au Sud-Ouest de Betafo, le massif du mont Olotsingy, notamment la rivière Fiatery affluent de la Mianjona, les environs d'Ialamalaza sur la crête dominant la rivière Isakely; plus à l'Est, le massif du mont Bity et son prolongement au Sud de la Manandona dans la direction d'Ambatofangehana ; à l'Est de la Manandona, Ankitsoka à 10 kilomètres Ouest d'Ambatofiakarana, puis la vallée de l'Andranomifafa. Au Sud de la Mania, de nombreux gisements (Menavato, Betaimboraka, Soarano (cristaux pesant 150 kilogrammes); Mangataboahangy entre Itremo et Ambatomainty sur la Matsiatra ; parfois bipyramidés atteignant $0^m,60$. Andranomangitsy à 92 kilomètres d'Ambositra sur la route de Fianarantsoa, puis Tambolehibe à 40 kilomètres S.-W. d'Ambositra (cristaux); le mont Anketsaketsa (25 kilomètres Ouest d'Ambatofinandrahana). Plus au Sud, sur la rive gauche de la Matsiatra, entre Tsiefa et Sakamadio, au Nord-Nord-Ouest d'Ikalamavony. Dans le Betsiriry, la région d'Analaidirana, etc.

Ces gisements présentent des caractéristiques communes. Dans une même crypte, tous les cristaux offrent les mêmes particularités cristallographiques, avec cette réserve toutefois que, dans certains cas, elles sont localisées dans certaines parties de la crypte. Souvent aussi dans un même gisement, il existe des cryptes voisines, distinctes, mais dans chacune desquelles les cristaux de quartz possèdent des couleurs différentes, les uns étant incolores, les autres diversement colorés. Ces remarques trouvent leur application particulièrement dans la région du Sud de la Mania, sur laquelle j'ai été documenté par M. Rossi. A Betaimboraka, il existe des cryptes à cristaux incolores, d'autres à cristaux améthystes, d'autres enfin à quartz citrin; à l'Ouest d'Ilazarivo, ici les cristaux sont incolores et limpides, là riches en inclusions de ripidolite ou bien limpides et incolores au centre, mais bordés à l'extérieur par une zone opaque ou translucide rouge brique (Pl. 6, fig. 4, section perpendiculaire *c*), dues à des inclusions filiformes de gœthite. Au Sud-Est de ces gisements, à l'Ouest de Marovato, le quartz est enfumé ou jaune, de même qu'à Tsileo (Ouest-Sud-Ouest d'Ambatofinandrahana), où il existe aussi du quartz d'un beau jaune citrin. A Malainkavaratra, sur les bords de la Mania (5 kilomètres Nord de Volonandrongo), les cristaux de quartz sont

colorés en bleu assez vif, alors que d'autres, extérieurement opaques, sont teintés en rouge au centre, grâce à de nombreuses et fines aiguilles de gœthite.

Enfin, à Menavato, au Sud-Est de Behena, les cristaux sont limpides et portent fréquemment des faces courbes (γ, β, H) de la zone $p\ e^{1/2}$, puis, au plafond de certaines cryptes seulement, tous les cristaux ont leur surface couverte d'empreintes en creux ayant la forme de palmes laissées par un minéral lamelleux disparu (Pl. 6, fig. 1).

On peut dire qu'en moyenne, les cristaux de ces cryptes sont pauvres en faces. J'en ai vu une quantité considérable à Madagascar. Depuis lors, M. Buhan a eu l'amabilité de mettre à ma disposition plusieurs tonnes de semblables cristaux, provenant de diverses localités de l'Ouest de Betafo et d'Ambositra, dont les dimensions varient depuis quelques centimètres jusqu'à plus d'un décimètre de longueur. Un de mes élèves, M. Martinod, a eu la patience d'examiner, un à un, environ trente mille de ces cristaux et d'en extraire tous ceux (environ 1 pour 100) présentant d'autres formes que p, $e^{1/2}$, e^2; ce sont ceux-là que j'ai examinés.

Ces cristaux sont en moyenne très régulièrement développés, avec seulement parfois p plus large que $e^{1/2}$; l'hypertrophie d'une face rhomboédrique du pointement, si fréquente dans l'Oisans, se rencontre aussi çà et là; plus rares sont les développements anormaux tels que ceux représentés par les figures 51 et 52.

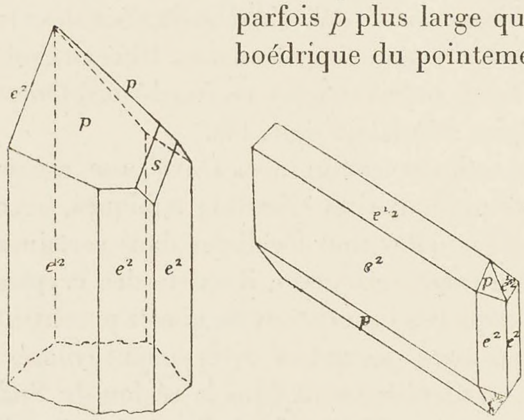


Fig. 51 et 52. — Quartz d'Anketsaketsa : cristaux à développement anormal.

Les rhomboèdres ne sont pas nombreux; j'ai observé : e^{12} qui n'a été rencontré qu'une seule fois (fig. 59), $e^{7/2}$, $e^{11/4}$, $e^{8/3}$ (assez fréquent), $e^{13/5}$, $e^{17/7}$, $e^{9/4}$; $e^{3/2}$, $e^{5/3}$, $e^{7/4}$.

Parmi les cristaux présentant des faces hémièdres, j'ai constaté, en nombre à peu près égal, les cristaux droits et gauches. La face s prédomine et existe le plus souvent seule; elle est parfois très large. Parmi les plagièdres, x se trouve presque seul[1], parfois bordé de faces arrondies, parmi lesquelles v^2 seulement est mesurable et certain. J'ai observé en outre (Anketsaketsa) une vingtaine de cristaux portant entre p et x la forme rare χ_3 extrêmement nette, tantôt droite, tantôt gauche ($p\chi_3 = 160°26'$

1. Le plagièdre ε a été trouvé sur un cristal d'Ambohimanambolo (région de Betafo) (fig. 79).

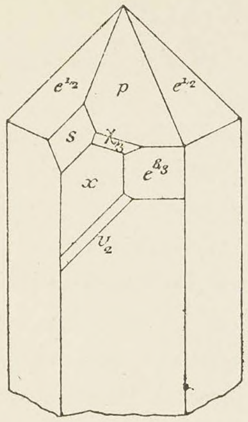


Fig. 53.

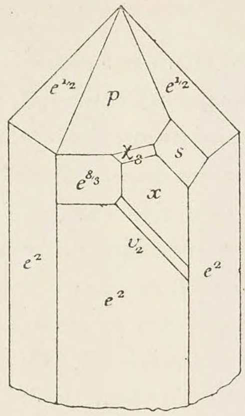


Fig. 54.

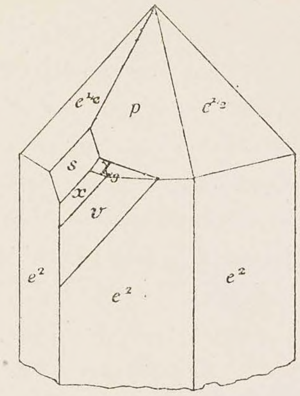


Fig. 55.

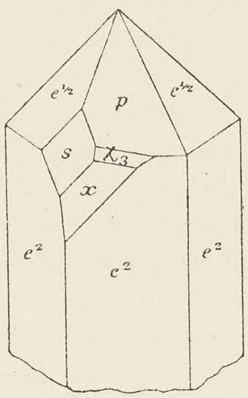


Fig. 56.

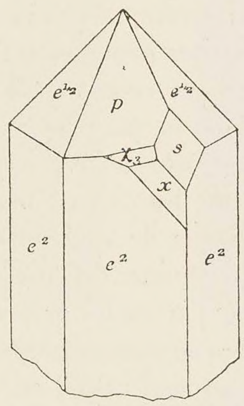


Fig. 57.

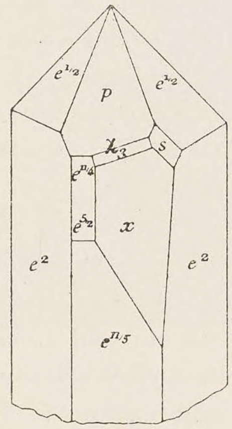


Fig. 58.

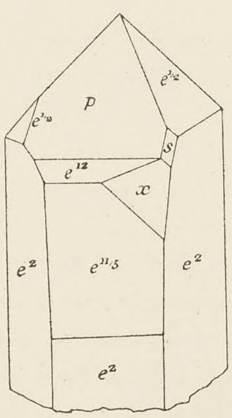


Fig. 59.

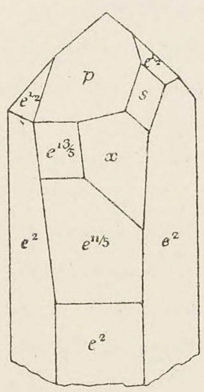


Fig. 60.

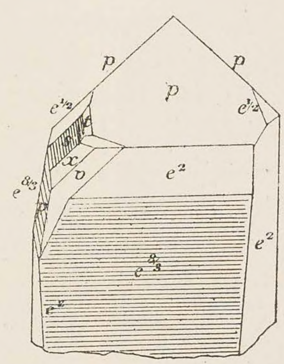


Fig. 61.

Fig. 53 à 61. — Quartz hyalin d'Anketsaketsa.

calc., 160°28′ obs.) (fig. 53 à 58). Comme autre forme rare, je n'ai guère trouvé que $\mu = e_{1/2}$ sur un cristal mesurant 18 centimètres (fig. 61)[1].

Parmi les gisements d'où proviennent ces cristaux, celui d'Anketsaketsa est particulièrement remarquable en ce que certaines de ses géodes fournissent des cristaux qui, tous présentent, avec une intensité qui n'a peut-être été jusqu'ici constatée nulle part ailleurs, des corrosions sur les arêtes verticales mettant en évidence, à la fois l'hémiédrie du quartz et la complication de la structure intime des cristaux considérés. Tandis que les trois arêtes négatives, c'est-à-dire celles qui, dans les expériences de pyroélectricité, deviennent négatives par refroidissement, aboutissant à la face s de l'unique pointement conservé, sont intactes, les trois arêtes positives, alternant avec les précédentes, sont profondément corrodées; mais, au lieu d'être remplacées par des faces d^1 ou des prismes dodécagones, comme cela a lieu dans certains cristaux de Carrare, elles sont entaillées de profondes encoches, séparant des protubérances en relief à surface rugueuse et à arêtes courbes, qui rappellent celles de la figure 50, mais ne se prêtent à aucune mesure. Je donne dans la planche 7 des photographies qui, mieux qu'une longue description permettront de se rendre compte de leur apparence et de leur disposition. Généralement, les corrosions s'étendent entre p et e^2, déterminant une pseudo-face, symétrique de s, formée par une série de bosses et de creux, très analogues à ceux qui viennent d'être décrits sur les arêtes verticales.

Dans un seul cristal (fig. 62), j'ai vu les arêtes négatives remplacées par une étroite surface cylindrique, dont la continuité contraste avec la structure chaotique des arêtes positives. Enfin, sur un seul cristal encore (fig. 64), dont les faces p sont prédominantes, l'arête culminante de ce rhomboèdre est remplacée par des faces b^1 arrondies.

Dans tous les cristaux, qui viennent d'être décrits, il est fréquent d'observer sur les faces e^2, très planes, de fines figures de corrosion allongées parallèlement à une arête $p\ e^2$ ou $p\ e^{1/2}$, avec leur pointe, fort aiguë, dirigée vers l'arête négative et leur base tournée vers l'arête positive (Pl. 7, fig. 2 à 4). Il semble que les faces planes qui limitent ces figures en creux soient voisines de celles constituant les encoches des arêtes positives.

Plus rarement, les faces rhomboédriques p et $e^{1/2}$, présentent les figures de corrosion triangulaires habituelles[2], mais elles sont remarquables par leur netteté, très petites et très nombreuses sur les faces $e^{1/2}$, auxquelles elles donnent un aspect moiré, plus grosses et plus clairsemées sur la face p (Pl. 5, fig. 4 et 5). La figure 2

1. Dans ce cristal, une des faces e^2 manque au-dessous de la face $e^{1/2}$ contiguë à μ; il en résulte que celle-ci se trouve en contact avec $e^{8/3}$ (zone $e^{8/3}px$) ($pe^{8/3} = 104°6′$ calc.; $\mu x = 143°13′$ calc.).

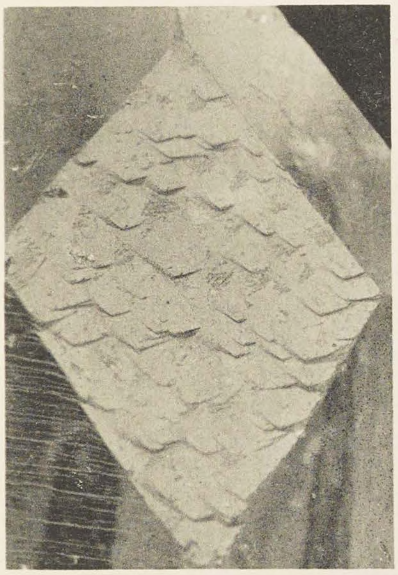
2. Cf. Molengraaff, *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XIV, 1888, p. 173.



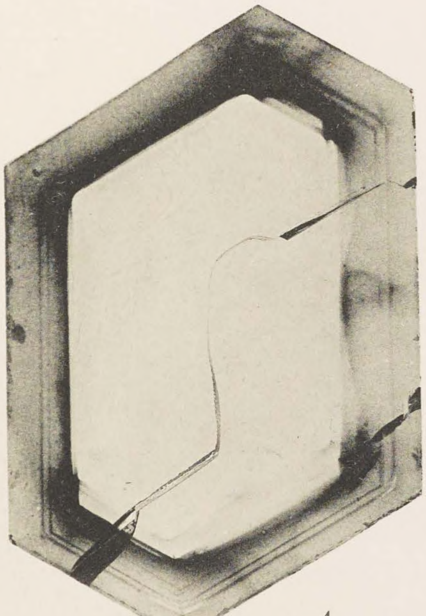
1



2



3



4



5

Clichés Cintract et Fallou

Imp. Catala frères, Paris.

Quartz ; empreintes palmées ; Menavato (fig. 1). — Inclusions liquides à bulles : N.-E. Madagascar (fig. 2) ;
Figures d'accroissement (fig. 3) ; Anketsaketsa. — Inclusions ferrugineuses ; Ilazarivo (fig. 4) ;
Inclusions d'actinote ; S. de la Mania (fig. 5).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

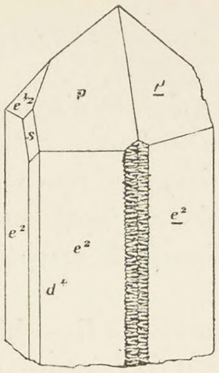


Fig. 62.

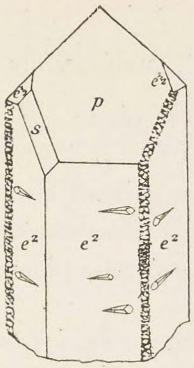


Fig. 63.

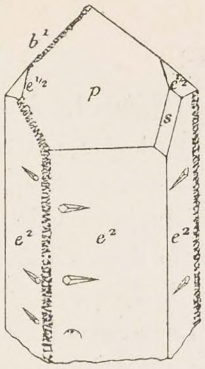


Fig. 64.

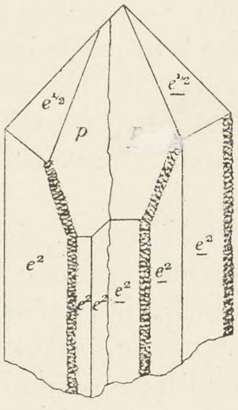


Fig. 65.

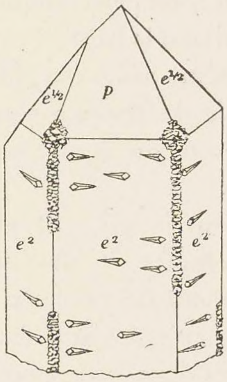


Fig. 66.

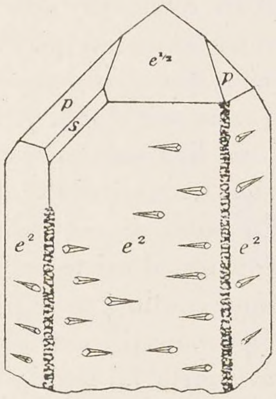


Fig. 67.

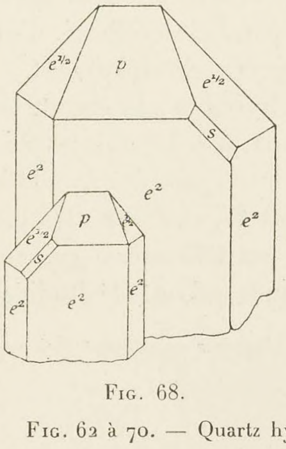


Fig. 68.

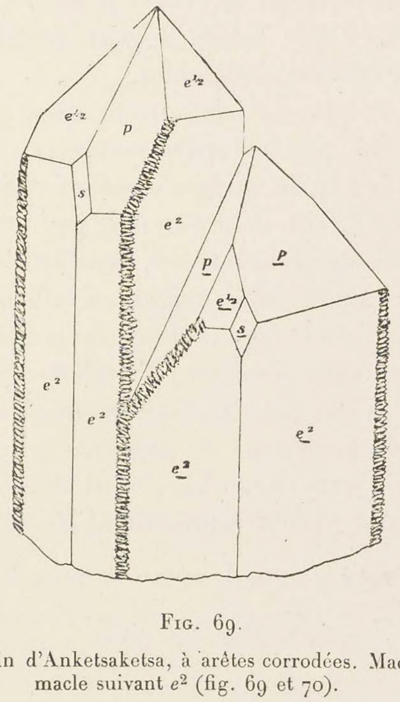


Fig. 69.

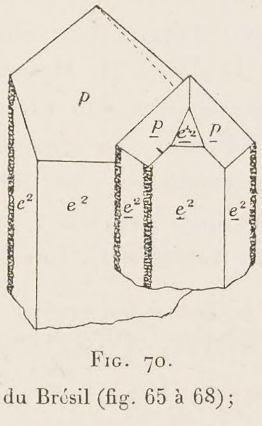


Fig. 70.

Fig. 62 à 70. — Quartz hyalin d'Anketsaketsa, à arêtes corrodées. Macle du Brésil (fig. 65 à 68); macle suivant e^2 (fig. 69 et 70).

de la planche 4 et la figure 2 de la planche 5 représentent des figures d'accroissement que j'ai observées sur la face p d'un petit nombre de cristaux.

Les faces s sont parfois striées suivant leur intersection avec p : j'ai rencontré sur quelques cristaux les figures d'accroissement à aspect mamelonné, représentées par la figure 3 de la planche 6. Beaucoup plus rares sont les figures de corrosion sur la face x.

Les figures 62 à 69 représentent, sur des cristaux droits ou gauches, la disposition des corrosions qui viennent d'être décrites. Elles mettent souvent en évidence que les groupements intérieurs se produisent par accolement ou par interpénétration de cristaux réunis par une face de la zone prismatique (fig. 65, 69, 70), et aussi par accolement ou interpénétration suivant la base a^1, ce qui se voit à la fréquente interruption des corrosions sur une même arête (fig. 66 et 67); l'étude des figures de corrosion sur e^2 (Pl. 7, fig. 2) aide d'ailleurs à comprendre ces interpénétrations qui ont lieu soit entre cristaux de même signe, soit plus souvent, entre cristaux de signe contraire[1] (fig. 66 et 67).

En outre de ces macles intérieures qui sont extrêmement fréquentes, sinon constantes, il existe quelques exemples de macles produites non pas avec un contour continu, mais par accolement de cristaux restés distincts. Je représente quelques-uns des assemblages observés, les uns formés par la macle suivant e^2, dans laquelle les faces p de l'un des deux composants sont parallèles aux faces $e^{1/2}$ de l'autre ou sur le même plan (fig. 69 et 70), les autres par la macle suivant d^1 (macle du Brésil), dans laquelle les faces p et $\bar{p}$ des deux composants se trouvent sur le même plan (fig. 65 à 67). Enfin, il existe parfois de simples accolements à axes parallèles de deux cristaux semblables.

Les figures 1 et 3 de la planche 5 montrent deux particularités de développement dont je n'ai trouvé que ces seuls exemples; il s'agit de fantômes de la face s; dans un cristal (fig. 3), la surface incolore et limpide de cette face laisse voir un plan parallèle sous-jacent, coloré en noir par des inclusions ferrugineuses; dans l'autre (fig. 1), il n'existe plus de face s, mais un plan parallèle à celle-ci, d'un blanc laiteux (inclusions liquides) qui apparaît au milieu du cristal transparent.

Je dois à M. Moiret quelques cristaux d'une limpidité admirable provenant, les uns de la région d'Inanatonana, les autres d'Ambohimanana, à 3 kilomètres Sud de Betafo; ces derniers n'ont pas été trouvés en place, mais ont été recueillis au voisinage d'un temple protestant en ruines, où ils ont dû être apportés par quelque Malgache; l'un d'eux (fig. 74), pesant $1^{kg},450$, est très aplati suivant par une face e^2. Les figures 71 à 76 représentent leurs formes qui ont été étudiées

1. C'est ce qui explique pourquoi beaucoup de cristaux de quartz de Madagascar ne peuvent être employés pour l'optique de précision.

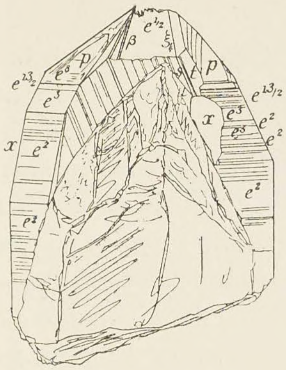


Fig. 71.

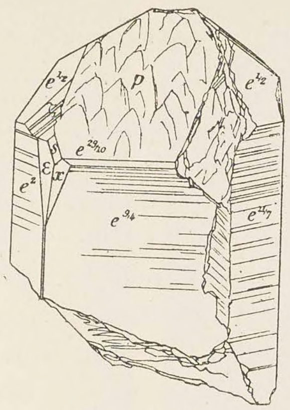


Fig. 72.

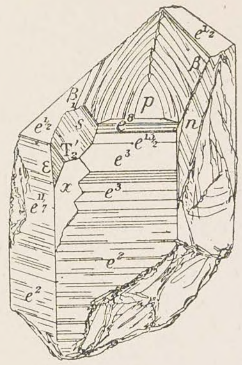


Fig. 73.

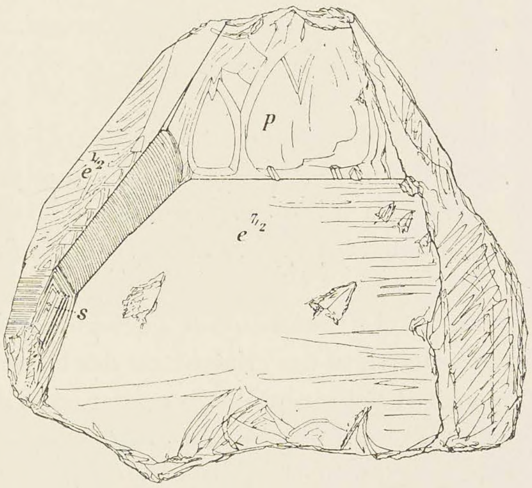


Fig. 74.

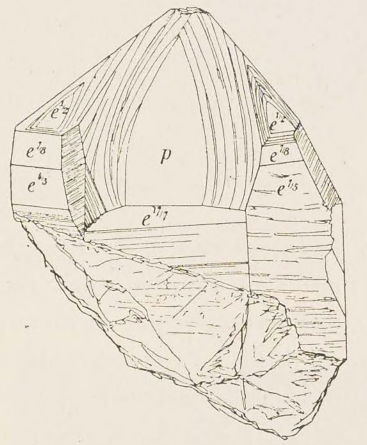


Fig. 75.

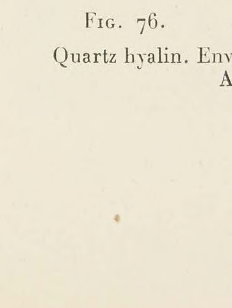


Fig. 76.

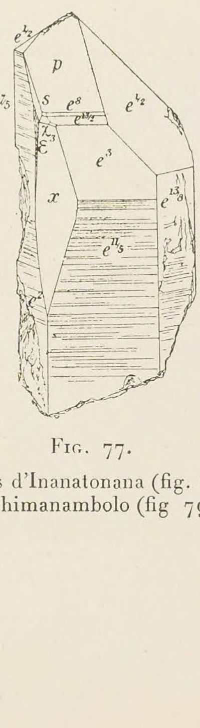


Fig. 77.

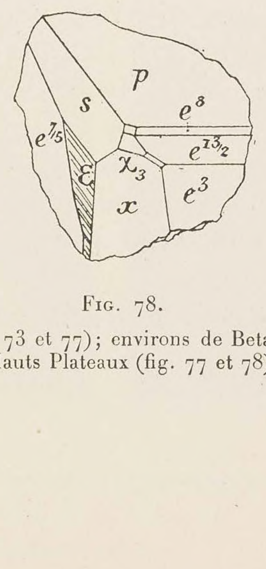


Fig. 78.



Fig. 79.

Quartz hyalin. Environs d'Inanatonana (fig. 71 à 73 et 77); environs de Betafo (fig. 74 et 75); Ambohimanambolo (fig 79). Hauts Plateaux (fig. 77 et 78).

M. Gonnard [18] auquel je les avais communiqués ; ils sont surtout remarquables par le développement exceptionnel de figures d'accroissement curvilignes en relief (Pl. 4, fig. 6), dont la pointe est dirigée vers le sommet du cristal (fig. 72 à 75), c'est-à-dire en sens inverse des figures de corrosion. Ces figures d'accroissement s'observent soit uniquement sur p, soit à la fois sur p et sur $e^{1/2}$, mais dans ce dernier cas, tantôt elles existent en grand nombre, groupées parallèlement (fig. 72 et 74) et tantôt une même face est remplacée par une seule pyramide à étages superposés (fig. 73 et 75). Le premier cas est réalisé sur le gros cristal dont il vient d'être question ; il est pauvre en faces, le second sur des cristaux, plus intéressants au point de vue cristallographique ; l'un d'eux est exceptionnel à ce point de vue ; il présente de nombreux rhomboèdres e^9, $e^{13/2}$, e^3, e^2, $e^{23/10}$, $e^{9/4}$, $e^{11/7}$ avec s et, plusieurs plagièdres ε, u, y, x et d'autres, plus rares T'_2, t, ξ, β_1, β, τ_1, n.

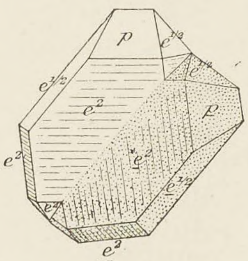


Fig. 80. — Macle de la Gardette.

Je n'ai personnellement observé aucune macle oblique, mais c'est probablement d'une crypte à cristaux que provient une macle suivant la loi de la Gardette (fig. 80), qui a été décrite par Penfield [97], sans autre indication de gisement que « Madagascar ».

Fentes et cryptes dans roches diverses. — La constitution géologique des régions irriguées par beaucoup des rivières charriant des cristaux ou des blocs de quartz dont il va être question plus loin me fait penser qu'il doit exister aussi des fentes à cristaux dans les granites et les gneiss et qui peuvent être comparées aux cristallières des Alpes et particulièrement à celles du Dauphiné[1]. Quelques-uns de ces cristaux ont des dimensions colossales ; il en est qui renferme dés inclusions de chlorite, d'actinote (Pl. 6, fig. 5).

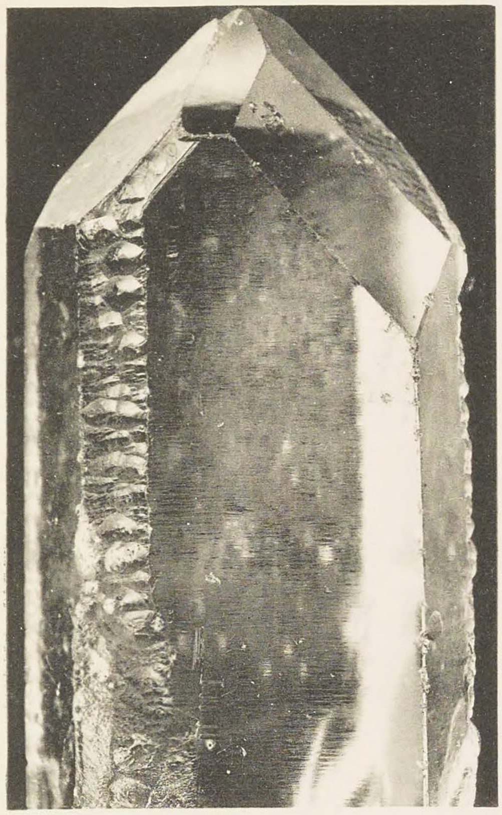
Voici une série de localités dont j'ai eu entre les mains des cristaux, mais sur le gisement desquels je ne puis donner aucune précision.

Ambohimahalaza (source de la Reine) au Nord-Est de Tsiafahy : les formes rappellent celle des cristaux de Viesch dans le Valais, par suite de la fréquence de rhomboèdres aigus $e^{7/2}$, $e^{5/4}$, etc. ; on trouve aussi dans cette localité de l'améthyste et du quartz enfumé. Région de Marolombo et de Vatomandry.

D'après M. Dreyfus de gros cristaux de quartz abondent dans la région de Rantabe (province de Maroantsetra).

M. Lamberton m'a communiqué un grand cristal (20 centimètres $\times$ 10 centimètres) limpide, renfermant par places des lamelles rouges d'hématite ; son

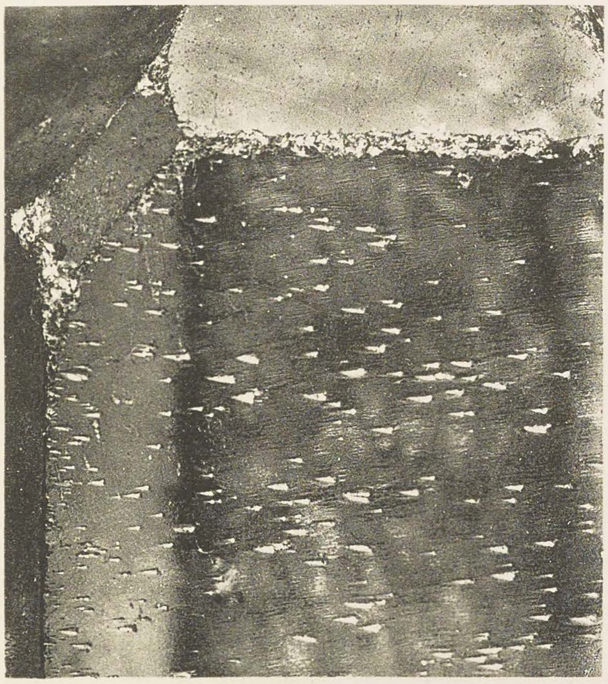
1. Cf. *Minéralogie de la France*, t. III, p. 79.



1



2



3



4

Clichés Cintract

Imp. Catala frères, Paris.

Quartz hyalin d'Anketsaketsa (figures de corrosion).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

sommet est polysynthétique et présente de grandes faces H^2 et γ_2. Son gisement précis m'est inconnu.

La figure 81 est l'image d'un cristal provenant du mont Vohitseranana (Bara) dont je ne connais pas davantage les conditions de gisement et qui renferme une inclusion d'eau; avec bulle, d'un centimètre cube. Enfin, les figures 77, 78 et 82 représentent des combinaisons de formes de cristaux que j'ai rapportés de Madagascar, mais dont je n'ai pu connaître le gisement. Ces figures ont été dessinées par M. Gonnard auquel j'en avais confié l'étude [18].

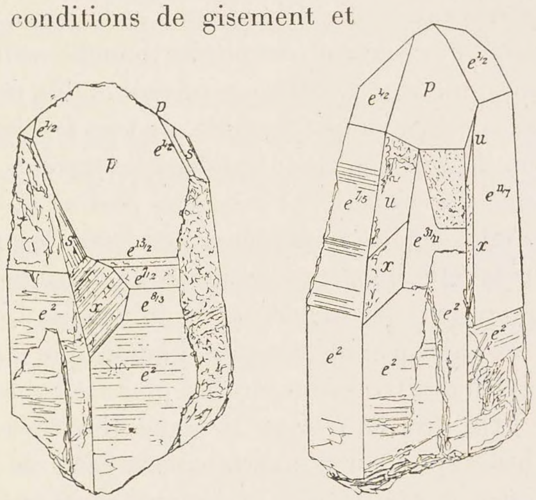


Fig. 81 et 82. — Quartz hyalin du mont Vohitseranana (fig. 81).

Gisements non métamorphiques.

Les marnes liasiques renferment entre le Manombo et le Sambao des nodules siliceux creux, tapissés de cristaux limpides de quartz que recouvrent parfois des rhomboèdres de calcite; ces nodules se trouvent isolés dans l'argile rouge de décalcification superficielle; leur périphérie est parfois constituée par une mince couche de calcédoine.

Les fossiles du calcaire bajocien des côtes de l'Ambongo sont souvent transformés en quartz.

Les nodules de calcédoine des formations sédimentaires, dont il est question plus loin, renferment fréquemment des géodes quartzeuses hérissées de cristaux limpides, mais ceux-ci sans intérêt minéralogique.

Sources thermales.

Les anciennes sources thermales d'Antsolifara, au Sud-Est d'Antsirabe, ont déposé de nombreux nodules d'opale, à formes arrondies; quelques-uns d'entre eux, que je dois à M. Perrier de la Bathie, sont transformés en un agrégat saccharoïde, peu cohérent, de petits grains de quartz limpide, colorés en jaune citron par de la faratsihite.

Éluvions et alluvions.

Dans les pages précédentes, je me suis attaché à préciser les conditions de gisement du quartz à Madagascar, mais, sauf depuis l'exploitation récente des cryptes

à cristaux décrites plus haut, le « cristal de roche » qui, depuis plusieurs siècles, est exporté de l'île en très grande quantité, a été recueilli uniquement à la surface du sol ou dans les rivières. Il en résulte qu'il n'est pas possible de fixer la provenance exacte des échantillons se trouvant dans les collections, ni même de certains de ceux qui sont encore actuellement livrés au commerce. Ils se présentent avec un aspect différent suivant qu'ils proviennent de la démolition sur place, sans remaniement notable, de tous les types de gisements précédemment étudiés ou de leur entraînement dans les torrents, puis dans les rivières. Dans le premier cas, ces cristaux ont des arêtes plus ou moins vives ; dans le second, ils ont leurs angles émoussés ou même sont complètement arrondis et forment des masses limpides et homogènes pesant parfois plus de cent kilogrammes. Comme cela a lieu pour tous les minéraux des alluvions, la proportion des cristaux homogènes et très transparents est plus grande que dans les gisements en place, les cristaux ayant des tares sont en effet plus facilement brisés que ceux parfaitement purs.

On trouvera dans le tome II (*Minéralogie appliquée*) des renseignements historiques sur le quartz exporté jadis de Madagascar. Je me contenterai d'indiquer ici que le plus ancien ouvrage scientifique dans lequel j'ai trouvé cité le quartz hyalin de la Grande Ile est l'*Histoire naturelle éclairée dans une de ses parties principales, l'Oryctologie qui traite des terres, des pierres,* par Desallier d'Argenville. Paris, 1755, p. 162.

Dans sa *Cristallographie,* Romé de l'Isle (t. I, 1783, p. 82) combat l'opinion énoncée de son temps, qu'il existerait à Madagascar des « montagnes de cristal de roche » et il déclare que les gros blocs provenant de l'île ne sont que des morceaux de « quilles monstrueuses » de quartz.

Le Muséum possède un cristal jaunâtre ($0^m,60$), roulé, très allongé suivant *c*, qui a été rapporté en 1776 par l'abbé Rochon de son voyage dans la Grande Ile.

Tous les cours d'eau aboutissant à la côte orientale et beaucoup de ceux de la côte occidentale roulent de ces cristaux de quartz que l'on trouve en outre dans les éluvions de leurs vallées ; ils sont parfois remarquablement limpides. Je pense que nombre des blocs dépourvus de formes géométriques proviennent de filons du type d'Ampangabe ; c'est surtout le cas de ceux renfermant des inclusions (tourmaline, rutile, etc.).

Il serait oiseux de citer tous les gisements connus ; voici seulement quelques-uns de ceux dont j'ai vu des échantillons se recommandant, soit par leur limpidité, soit par quelque particularité spéciale.

Vallées de la Loky ; les cours d'eau descendant du pic d'Andranary (Manambolo et Mananjeby sur le versant opposé) ; vallées du Manambero, du Fanambana, du Bemarivo, de la Mananara, dans la région de Vohémar : les environs de Ma-

roantsetra : les vallées des fleuves aboutissant à la côte vis-à-vis l'île Sainte-Marie ; la vallée de l'Ivoloina[1], au Nord de Tamatave ; puis le Sud de cette ville (vallée de la Fanandrana dans le bassin de l'Ivondro ; région de Rongaronga) ; Tanandravina et vallée de la Masora, au Sud de Mahanoro ; la Manandriana, affluent de gauche du Mananjary.

Dans l'intérieur, les environs de Mandritsara ; Antokala au Sud d'Ambohitrolomahitsy ; le Nord du lac Alaotra ; le Nord d'Ankazobe (région des pegmatites à béryl) ; le plateau de Lamboany, entre Ihosy et Ambohimandroso ; le Nord de Betroka, etc.

M. Rimbault m'a communiqué des galets de quartz hyalin transparents ou translucides recueillis à la surface des calcaires éocènes, sur le plateau des Tombes, au Nord du Camp du rova près de Majunga ; ces galets, très roulés, proviennent certainement du Massif cristallin et ont par suite subi un très long transport.

CALCÉDOINE

Sous ce nom, sont réunies toutes les formes concrétionnées, fibreuses ou cryptocristallines, de silice anhydre; elles ont reçu des noms différents suivant leur couleur, bleuâtre ou blonde (*sardoine*), blond plus foncé ou rouge (*cornaline*), vert pomme (*chrysoprase*), ou leur opacité plus ou moins complète (*jaspe* rouge ou vert; *héliotrope,* vert tacheté de rouge ; *plasma* vert poireau ; *silex,* etc.) ; suivant leur structure rubanée qui épouse les contours capricieux des cavités dans lesquelles le minéral s'est formé (*agate*) ou bien qui consiste en bandes parallèles entre elles (*onyx*).

Tous ces produits résultent de la réunion de fibres plus ou moins distinctes, quelquefois groupées sous forme de stalactites, de sphérolites ou de croûtes à surface mamelonnée ou botroydale (Pl. 4, fig. 5). Ces fibres possèdent des propriétés optiques différentes qui ne peuvent être décelées que par l'étude microscopique ; elles sont formées par un minéral optiquement positif comme le quartz dont elles sont une modalité particulière, mais avec des allongements différents, allongement négatif et structure enroulée (*calcédonite*) ou allongement positif (*quartzine*) ; plus rarement, elles sont constituées par un minéral optiquement

1. Dans une de ses lettres, datée de 1803, Chapelier dit avoir vu près des sources de l'Ivoloina « un ruisseau dont les bords escarpés ne sont composés que de cristal de roche et en assez grande quantité pour que l'on puisse en charger plusieurs navires » (*Bull. Acad. malgache,* t. VII, 1909, p. 105).

négatif, celui que j'ai appelé *pseudocalcédonite* [26]. Ces produits cristallisés sont généralement associés à une petite quantité d'opale, de telle sorte que la densité de la calcédoine est un peu plus faible que celle du quartz ; pour la même raison, toutes les variétés de calcédoine chauffées dans le tube, perdent un peu d'eau en devenant opaques, mais elles reprennent leur transparence après immersion dans un liquide approprié.

GISEMENTS

Toutes les calcédoines sont des produits secondaires, formés postérieurement à la consolidation ou au dépôt des roches qui les renferment et, en général, sinon toujours, elles résultent de la déshydratation de silice déposée originellement par voie aqueuse sous forme d'opale. Elles se rencontrent à Madagascar dans les divers types de gisements suivants.

Roches éruptives.

Pegmatites. — J'ai vu [51] dans la pegmatite à rubellite de Tampombohitra des cavités recouvertes d'enduits concrétionnés de calcédoine (calcédonite à enroulement) d'un blanc laiteux dont la surface est hérissée de pointements quartzeux. De très beaux échantillons stalactiformes de calcédoine blonde ou bleuâtre (association de calcédonite à enroulement et de pseudocalcédonite), parfois recouverts de cristaux de quartz se trouvent dans la pegmatite à orthose jaune d'Itrongay. De minces enduits de calcédoine bleuâtre se remarquent aussi dans les fissures des pegmatites de l'Est du lac Alaotra.

La calcédoine imprègne la pegmatite à tscheffkinite et bastnaésite d'Itorendrika ; elle englobe ces deux minéraux, épigénise le feldspath et constitue des masses caverneuses, à parois concrétionnées, dans lesquelles se reconnaît souvent encore la structure du minéral disparu ; elles forment aussi des silex blonds ou noirs, englobant des cristaux des minéraux indiqués plus haut, ainsi que des lames de biotite. Le même mode de formation de la calcédoine peut être constaté aux dépens de la pegmatite à zircon du mont Ampanobe[1].

Serpentine. — La serpentine nickélifère du mont Vohitsitandanitra est traversée par des veinules de *chrysoprase* d'un vert pomme clair, translucide sur les bords,

1. C'est encore de la calcédonite et de la pseudocalcédonite qui, associées au quartz, constituent le silex jaune et la meulière (quelquefois colorée en noir par du graphite) qui se trouve avec la kaolinite dans les gneiss graphiteux d'Ambakoana, près Anivorano.

Dans la haute Fitamalama, au Nord de Betafo, le granite est traversé par des filonnets de calcédoine en masses concrétionnées.

qui se montre au microscope constituée par de petits grains et des fibres de quartz de dimension très inégale ; c'est une opale quartzifiée légèrement nickélifère.

Roches volcaniques. — Certaines roches volcaniques de la région sédimentaire sont extrêmement riches en amygdales siliceuses qui sont mises en liberté par leur décomposition ; on les rencontre alors à la surface du sol, soit brisées, soit intactes ; elles constituent des boules plus ou moins volumineuses, creuses, dont la cavité centrale est tapissée par des mamelons concrétionnés botroydes ou stalactiformes de calcédoine ou, dans d'autres cas, par des cristaux de quartz incolore ou améthyste ; parfois cette calcédoine est de couleur uniforme, blonde ou bleutée et, dans d'autres cas, les couches concentriques, correspondant à des dépôts successifs de silice, sont diversement colorées (*agate*). Enfin, il existe quelques gisements de jaspe rouge, jaune ou vert (*plasma*).

J'ai montré [85] que le *plasma* malgache doit sa couleur vert poireau à des inclusions de *céladonite* (voir à la description de ce minéral la photographie d'une lame mince de plasma). Il se présente sous deux aspects, généralement réalisés dans le même gisement ; tantôt il possède une cassure largement conchoïdale, avec éclat vitreux et quelquefois une faible translucidité sur les bords, tantôt la cassure est esquilleuse et l'aspect plus ou moins terne. L'examen microscopique fait voir que dans le premier cas, le minéral est constitué en totalité par de l'opale et, dans le second par du quartz ; la matière colorante ne subit pas de changements.

Voici, entre beaucoup d'autres, quelques séries de gisements particulièrement intéressants à ce point de vue : Ankazoberavina (*calcédoine* et *plasma*) et les autres îlots basaltiques, situés plus au Sud : Nosy Karakajoro, Berafia, Ravinkakazo (*jaspes*) ; la presqu'île de Radama et toute la région basaltique d'Ankarefo, se prolongeant jusqu'à la Loza (pointe Kabamby, Ampasimpitily, Ambohiboa (*plasma*), puis Ampasimainty, Ankarobe, Andronjana (*calcédoine* blonde et bleutée, avec cavités tapissées de quartz hyalin) ; les mêmes variétés abondent au Sud d'Analalava et, en particulier, dans le lit du Marovato près d'Antonibe. A citer encore : le plateau de Manasamody, le plateau d'Analamaitso, puis la région située à 10 kilomètres à l'Est de Marovoay.

Le mont Antongodrahoja, à l'Est de Maevatanana, est particulièrement riche à ce point de vue ; d'après Baron [108], il y existerait des nodules de calcédoine remplis d'eau (*enhydre*) ; je n'en ai pas vu personnellement, mais j'ai étudié de magnifiques calcédoines, jaunes ou bleuâtres, stalactiformes, provenant de cette montagne (Pl. 4, fig. 5).

Sur la rive droite de la Betsiboka, je citerai : la région de l'Ankarafantsika (environs de Marovoay) et au delà de sa rive gauche, le plateau d'Antanimena

et ses abords (Maroala, sur la rive gauche du fleuve, vis-à-vis Marovoay ; le mont Tsitondroina ; la région du lac Kinkony et notamment Bekiady (les stalactites de calcédoine de ce gisement sont parfois remarquablement fines et aiguës) et entre Belinta et Bekipay ; l'Ambongo (au Nord de l'Ambohitrosy) ; la région située entre le Ranobe et le Manambao : tout le Menabe, depuis le Mangomba, au Nord de Maintirano, jusqu'au Soahanina ; enfin les régions volcaniques de la Sakanavaka (environs d'Ankazoabo), de l'Analavelona (calcédoine mamelonnée verte à Ampopo, dans la région de Mikoboko) ; du Fiherenana et notamment de son affluent la Vineta ; de l'Onilahy et de son affluent la Sakondry (notamment à Tanilehy) ; de l'Androy (Andramasy, etc.).

Des nodules calcédonieux existent aussi, mais en moindre abondance, dans la région volcanique de l'Ankaratra.

Enfin, il faut citer un gisement remarquable sur la côte Sud-Est ; dans le basalte peu altéré de Vangaindrano, des géodes siliceuses ovoïdes de 5 à 6 centimètres de diamètre sont tantôt formées à l'extérieur par de la calcédoine et tantôt par du quartz, mais, dans le premier cas, la cavité centrale est toujours remplie par du quartz hyalin ou enfumé que recouvrent parfois de beaux cristaux de zéolites. Cette calcédoine est d'un blanc de lait, zonée ; quelquefois, au fond de la cavité, elle est disposée en lits horizontaux (*onyx*).

Les calcédoines ne se trouvent pas seulement dans des roches basiques, elles abondent aussi dans les rhyolites de l'Androy : calcédoine blonde avec surface mamelonnée ou botroyde (bords du Mandrare, entre Mamotsy et Ifotaka) ; variétés compactes d'un blanc laiteux, translucides, avec parfois des inclusions rouges d'hématite irrégulièrement distribuées conduisant à des jaspes arborisés ; les cavités sont tapissées de petits cristaux de quartz.

Sédiments.

La calcédoine paraît être fréquente dans les calcaires jurassiques, si j'en juge par les nombreux échantillons rapportés par les voyageurs, le plus souvent sans indication précise de gisement. Je cite les suivants :

Sur les bords de la Sofia, depuis Ambondongo jusqu'à Port-Bergé (beaux échantillons mamelonnés et stalactiformes) ; sur le Bemarivo et au Sud-Est d'Ampa-rihy, ainsi que sur le plateau d'Anketsa, la calcédoine, seule ou associée au quartz cristallisé, forme des rognons ou tapisse les cavités des calcaires. Elle forme aussi des concrétions stalactiformes et botroydes très grêles, ayant la forme de racines contournées, s'appuyant sur un noyau central d'opale ; tantôt cette calcédoine est homogène et translucide, tantôt elle est constituée par des zones concentriques

dont quelques unes sont riches en opale. Souvent aussi elle est patinée et se transforme en *passyite* [1] pulvérulente.

Les silex de la région de Soalala (entre Madirobe et Tanandava) sont riches en cavités que tapissent des mamelons de calcédoine d'un blanc bleuâtre.

A Ambato, au Nord-Nord-Est du lac Kinkony, le sol est recouvert d'une grande quantité de géodes de calcédoine provenant, d'après Levat [223], des calcaires crétacés voisins.

M. Perrier de la Bathie m'a signalé des concrétions de calcédoine dans les grès blancs friables triasiques de la rive gauche de la Sakeny, affluent de la Mania (entre Malaimbandy et Miandrivazo) ; à l'Est de Soalala (entre la baie de Marambitsy et l'Andranomavo).

De très beaux échantillons de calcédoine mamelonnée recueillis par M. Decary, sur la route d'Ampanihy près d'Ampotaka, proviennent sans doute du Nummulitique.

Il faut signaler enfin que les énormes troncs d'arbres silicifiés qui abondent dans le Trias (Ankirihitra à Bekodoka ; Tsitanandro, rive gauche du Manombo, Ambalarano à Morafanobe (troncs de $20^m \times 1^m,50$, E. Gautier [292]) et dans le Jurassique (région de Pont-Bergé, etc.) de nombreuses régions sédimentaires de l'île, sont surtout constitués par du quartz ou de la calcédoine résultant de la déshydratation d'opale.

Sources thermales.

Dans la région du mont Fonjay, se rencontrent des blocs composés de pisolites, eux-mêmes constitués par de la calcédonite à enroulement et de la quartzine ; leurs intervalles sont remplis par de gros grains de quartz. Beaucoup de ces pisolites ont été plus ou moins complètement évidés et la cavité a été plus tard remplie par des cristaux de quartz ou même par des sphérolites de calcédonite ; un peu de calcite souligne parfois les écailles successives des pisolites, qui, sans doute, ont été originellement constitués par de la ctypéite (Voir à la description de ce minéral).

Alluvions.

De nombreuses rivières roulent des galets de calcédoine, souvent magnifiques, dont il n'est pas toujours possible de situer le gisement originel ; c'est ainsi que j'ai examiné de beaux échantillons de sardoine, recueillis à Maevatanana, à Betainakoho (10 kilomètres Ouest d'Inanatonana) et d'une variété rouge trouvée dans le Bemarivo et provenant sans doute du plateau d'Analamaitso.

1. Cf. *Minéralogie de la France*, t. III, p. 132.

Gisements de nature indéterminée. — Il me reste à signaler quelques échantillons dont je n'ai pu préciser les conditions de gisement.

M. Michaut m'a récemment communiqué un jaspe d'un très beau rouge foncé, provenant de Maroseranana (Sud de la rivière Ifanandrana) à l'Ouest de Tamatave.

Dans l'Extrême-Sud, notamment à Bekily et entre Mikaikarivo et Ankilitelo, se trouvent, à la surface du sol gneissique, des blocs de calcédoine bleuâtre qui proviennent probablement de la transformation de l'opale dont il est question page 271. Des environs de Betioky, dans le pays Mahafaly, j'ai vu de gros blocs de *plasma* d'un vert poireau, à cassure conchoïdale.

Des jaspes rouges ou violacés et veinés de blanc se trouvent à 1500 mètres au Nord-Ouest de Bevondro (Mahafaly), dans une région gneissique. M. Battini m'a remis un beau jaspe vert recouvert de calcédoine mamelonnée provenant de Janjina.

TRIDYMITE

SiO^2.

Propriétés cristallographiques. Pseudohexagonale : orthorhombique. $a:b:c = 0{,}5774 : 1 : 0{,}9544$; $mm = 120°$. Groupements suivant m du type aragonite, visibles seulement grâce aux propriétés optiques. Macles en éventail par accolement ou entrecroisement suivant des pyramides hexagonales. Plan de lamellisation suivant la base.

Dureté. 6,5. *Densité.* 2,28 à 2,33.

Propriétés optiques. Incolore. Eclat vitreux, nacré suivant p. Transparente. Optiquement positive. Plan des axes h^1, bissectrice aiguë parallèle à la base, $2V = 43°$, souvent uniaxe par entrecroisement de lamelles microscopiques. Devient rigoureusement uniaxe à $+130°$. $n_m = 1{,}477$. $n_g - n_p = 0{,}0018$.

Propriétés chimiques. Comme le quartz, mais soluble dans une solution bouillante de Na^2CO^3.

Diagnostic. La forme des petites lamelles hexagonales, leurs macles macroscopiques rappelant les feuillets d'un livre entr'ouvert et leurs propriétés optiques sont caractéristiques de la tridymite.

GISEMENTS

La tridymite est un minéral formé par voie pneumatolytique dans les trachytes à biotite, poreux, de l'Ankaratra. Elle s'y rencontre rarement intacte, ayant presque toujours été paramorphisée en quartz. Dans les enclaves amphiboliques du mont Irifatra, au Sud du Famoizankova, j'ai cependant rencontré de jolies lamelles de tridymite intacte tapissant des cavités ; elles sont d'un blanc laiteux et translucides.

GROUPE DU RUTILE

RUTILE

TiO^2.

Propriétés cristallographiques. Quadratique. $c = 0{,}64415$; $b^{1/2}b^{1/2}$ sur $p = 95°20'$; a^1a^1 sur $p = 114° 26'$. Macles fréquentes suivant a^1 (101), plus rares suivant $a^{1/3}$ (301) ; les groupements réticulés de la variété *sagénite* sont dus à la combinaison, maintes fois répétée, de ces deux macles.

Clivages faciles suivant h^1 et suivant m (110), très difficiles suivant $b^{1/2}$.

Dureté. 6 à 6,5. *Densité.* 4,18 à 4,25, augmentant avec la teneur en fer.

Propriétés optiques. Rouge, brun rouge, jaune, blond doré, bleuâtre ou violet (en lames minces). Poussière brun pâle. Transparent, au moins en lames minces, et brun rouge ; parfois polychroïque, avec maximum d'absorption suivant n_g. Eclat métallique adamantin.

Uniaxe, optiquement positif, $n_g = 2{,}9029$.

Propriétés chimiques. Le rutile est constitué par de l'acide titanique pur contenant généralement du fer (Fe^2O^3) à l'état de solution solide ; quand la proportion du fer est assez grande, le minéral est noir et constitue la *nigrine*.

Infusible. Fondu avec le carbonate de soude et traité par HCl donne les réactions du titane.

Inattaquable par les acides.

Diagnostic. L'éclat métallique, la netteté des clivages, la haute densité et les propriétés optiques d'un fragment transparent examiné en lame mince sont caractéristiques de ce minéral.

GISEMENTS

Quel que soit leur mode de gisement, les cristaux de rutile de Madagascar sont peu variés de formes ; plus ou moins allongés suivant l'axe vertical, ils présentent toujours h^1 (100) et m (110) ; ils sont uniformément terminés par a^1 (101), avec d'ordinaire $b^{1/2}$ (111), mais généralement réduit (fig. 83). Les macles suivant a^1 du type des figures 84 et 85 ne sont pas rares.

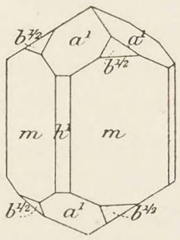


Fig. 83. — Rutile. Forme commune.

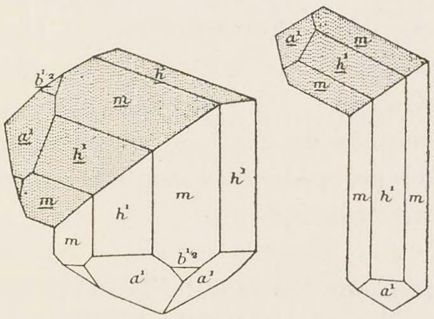


Fig. 84 et 85. — Rutile. Macle suivant a^1 ; aspects les plus fréquents.

Roches éruptives.

Pegmatites. — A Ampangabe, le rutile forme des cristaux de $1^{cm},5$, distincts et brillants, caractérisés par l'inégal développement des faces, la macle suivant a^1

a été observée. Ce rutile, d'un brun rouge, est englobé soit dans le quartz, soit dans le microcline. Il est intéressant de signaler son existence dans la pegmatite qui renferme l'ilmenorutile, car dans les pegmatites de Norvège, où l'on trouve ce minéral, M. Brögger a constaté que le rutile pur est toujours absent,

De petits cristaux de rutile sont associés au zircon, à la magnétite, etc., à Andavampanenona près Samiresy ; le même minéral accompagne l'euxénite à l'Ouest d'Ankazobe.

On verra à la description du sphène que le rutile, en cristaux microscopiques, constitue la partie principale des pseudomorphoses de ce minéral dans les pegmatites d'Ambatofotsy ; il s'observe parfois dans les fentes de ces pseudomorphoses sous forme de petites aiguilles d'un brun rouge, visibles à l'œil nu.

Filons de quartz. — Le principal gisement du rutile réside dans les filons de quartz, plus ou moins liés aux pegmatites au point de vue génétique.

On connaît depuis longtemps, en provenance de Madagascar, de beaux échantillons de quartz, hyalin ou enfumé, renfermant de longues aiguilles de rutile, tantôt capillaires et d'un blond doré (*cheveux de Vénus*), tantôt plus grosses (Pl. 9, fig. 1) et présentant des facettes nettes, au moins dans la zone verticale et alors d'un brun rouge. Ces échantillons, qui peuvent rivaliser par leur beauté avec ceux du Brésil et de la Caroline du Nord, se trouvent d'ordinaire dans les collections sans indication précise de gisement ; ils ont été généralement recueillis dans des rivières.

Je connais cette association minérale en place dans la pegmatite de la région de Betafo, au voisinage de Tongafeno, plus à l'Ouest près d'Anjanabonoina et aussi dans la région de Midongy (sur le bord de géodes d'un quartz riche en aiguilles de tourmaline noire). Des échantillons du même genre se trouvent au Sud du lac Pilina, à Fiadanana et plus à l'Ouest, à Beresika, sur la rive droite du Kitsamby. Dans ces deux derniers gisements, le rutile existe à la fois dans des cristaux de quartz à formes nettes et dans l'intervalle de ceux-ci, formant alors des groupements drusiques, réticulés de sagénite, associés à des cristaux d'hématite et de sphène.

J'ai examiné un cristal de quartz des environs de Betafo, sur lequel est implanté un cristal d'hématite spéculaire ($1^{cm},5$) qui supporte des cristaux de rutile rouge, régulièrement orientés parallèlement aux axes binaires. Cet échantillon ne se distingue en rien de ceux du Valais.

Pegmatites et aplites syénitiques. — Des baguettes cannelées de rutile accompagnent des octaèdres de magnétite et des cristaux d'hématite dans des pegmatites syénitiques à 1 kilomètre d'Itorendrika.

Enfin, le rutile est associé à la bastnaésite dans les pseudomorphoses de

tscheffkinite décrites page 298. Dans les mêmes pegmatites, il épigénise la crichtonite régulièrement groupée sur la magnétite.

Enfin, il me faut rappeler ici le rutile, si curieusement associé à l'hématite d'Andohatsindra[1] ; il ne peut être mis en évidence que par la dissolution de celle-ci dans HCl. Il apparaît alors sous la forme de petites lamelles blanches, de densité 4,18.

Filons spéciaux. — M. Grossman m'a signalé l'existence à Angomoa près Vavatenina, dans la forêt, à l'Est de Fénérive, d'un filon traversant les gneiss ($0^m,50$ d'épaisseur) qui serait essentiellement constitué par du rutile brun rouge, de l'ilménite et du quartz. Je n'ai pas vu d'échantillons de ce gisement et je ne donne cette indication que sous réserve.

Schistes cristallins.

Un gisement intéressant et ayant une importance économique, se trouve à Iazanatsoa à l'Est d'Ambatomainty (Sud-Est de Midongy de l'Ouest). Des cristaux, parfois nets, mais à faces raboteuses (Pl. 8, fig. 1) (mh^1 a^1), pouvant peser plusieurs centaines de grammes, constituent des phénoblastes dans un schiste à séricite et dans les lentilles de quartz intercalées au milieu d'eux. Quelques tonnes de ces cristaux à formes distinctes, mais généralement raboteuses, ont été recueillies ; les cristaux sont isolés à la surface du sol, dans la roche décomposée,

D'après les renseignements que je dois à M. Battini, des cristaux identiques aux précédents existent à 1 kilomètre au Sud d'Ambatofinandrahana et dans beaucoup d'autres endroits de la même région.

A un kilomètre plus au Sud, de jolis cristaux (1 à 3 millimètres) de rutile, simples ou maclés (formes communes), se trouvent avec quartz, dolomite et pyrite dans des accidents de calcaires cristallins riches en phlogopite.

J'ai vu aussi de gros fragments de cristaux de rutile provenant du massif de Malainkavaratra, dans la boucle de la Mania, près de Volonandrongo.

Alluvions et éluvions.

Si le nombre de gisements de rutile en place actuellement connus à Madagascar n'est pas considérable, par contre, ce minéral est extrêmement abondant dans les éluvions et les alluvions ; on l'y trouve en cristaux nets, et en grains d'un brun rouge dans les fonds de batée de l'île toute entière. Je citerai comme exemple quelques gisements fournissant de beaux échantillons.

1. Des aiguilles de rutile sont associées à de l'hématite spéculaire dans les cavités de la muscovite miarolitique des aplites syénitiques d'Ambahy.

Dans les alluvions d'Ifempina, il existe non seulement de petits fragments de ce minéral, mais aussi des cristaux atteignant 6 centimètres suivant *c*. L'un de ceux que j'ai recueillis présente des formes nettes, mais arrondies ; sa périphérie est constituée par une croûte de 2 millimètres d'épaisseur d'ilménite noire, compacte, au-dessous de laquelle le rutile apparaît, avec sa couleur rouge et ses clivages éclatants ; c'est une pseudomorphose analogue à celle qui est fréquente dans les gneiss de la baie de Conleau près Vannes [1].

De très gros cristaux de rutile d'un brun rouge, peuvent être recueillis dans la région d'Andriamena et aussi à Fanovana, à l'Est de Moramanga (avec ilménite), ainsi que dans le Marolambo et au Nord de Fort-Carnot (Nord de Bekatra, aux sources d'un affluent du Faraony). J'ai vu de très beaux cristaux, à faces brillantes, et de gros fragments de rutile provenant de 18 à 20 kilomètres au Sud-Est de Betafo, ils sont associés à du zircon brun.

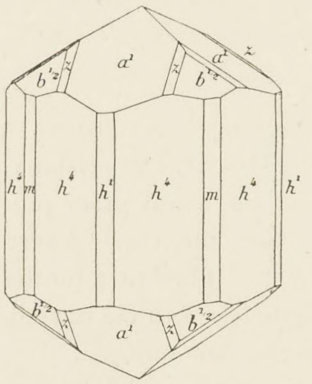


Fig. 86.

A citer encore des cristaux, isolés ou englobés dans du quartz, au Sud-Ouest d'Andrakalavao près Andramasina, des fragments dans les alluvions basaltiques à corindon de l'Ankaratra, dans la rivière Sahanary près Ambohimanga du Sud (avec zircon), des cristaux, petits, mais nets, à Berere au Nord-Ouest de Tsaratanana.

Les cristaux de ces alluvions, simples ou maclés, ont en général des formes communes ; c'est ce qui donne de l'intérêt au petit cristal (fig. 86) trouvé par M. Ungemach [106] dans les lavages aurifères de Ieninkenina ; le prisme dominant est h^4 (530) ; il est accompagné de $z = (b^1\ b^{1/5}\ h^{1/3})$ (323).

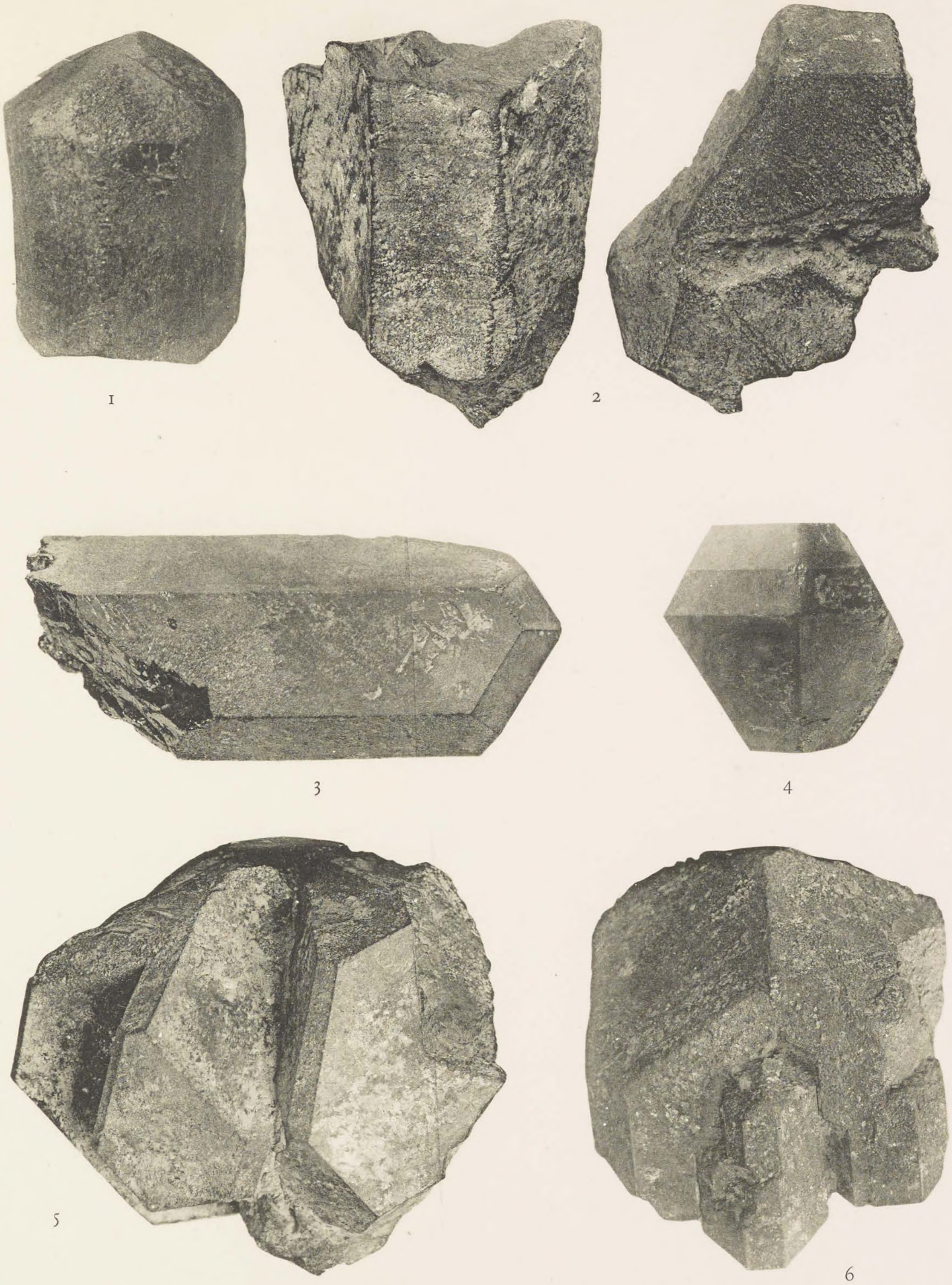
ILMENORUTILE-STRÜVÉRITE

Ces minéraux sont des solutions solides d'un minéral quadratique de la série Fe $(NbO^3)^2$ et Fe$(TaO^3)^2$ (*tapiolite*) et de rutile ferrifère prédominant.

Le nom d'*ilmenorutile* est réservé ici aux variétés dans lesquelles le niobium est égal ou plus grand que le tantale et celui de *strüvérite* à celles dans lesquelles le tantale est plus grand que le niobium.

Ces minéraux sont plus denses que le rutile ; la prédominance du tantale sur le niobium entraîne une augmentation de la densité et de la longueur de l'axe vertical. La densité atteint

1. *Minér. France*, t. III, p. 198, fig. 4.



Clichés Cintract et Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Rutile. Iaganasoa (fig. 1). — *Ilménorutile* ; Ampangabe (fig. 2, 5 et 6). — *Ilménorutile-strüverite* ; Fefena (fig. 3 et 4).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

5 pour l'ilmenorutile et 5,89 pour la strüvérite (5,87, Tsaramanga) : elle est de 4,87 pour un minéral (ilmenorutile-strüvérite) de Fefena qui se trouve à la limite des deux.

Toutes ces espèces ont la forme du rutile, mais avec fréquemment un allongement suivant une arête $b^{1/2}b^{1/2}$. J'ai fait voir [58] qu'elles possèdent les mêmes propriétés optiques ; toutefois, ces minéraux sont extrêmement peu transparents et d'un polychroïsme beaucoup plus intense que le rutile.

GISEMENTS

Les minéraux de ce groupe sont fréquents à Madagascar dans les pegmatites potassiques à béryl, je ne les ai pas rencontrés dans les pegmatites sodo-lithiques.

Ilmenorutile.

C'est à l'*ilmenorutile* qu'il faut rapporter un minéral que j'ai signalé pour la première fois [58] à Ampangabe ; je l'ai appelé alors strüvérite, avant d'avoir l'analyse plus précise donnée plus loin et adopté, de concert avec M. Zambonini, [93bis] la nomenclature employée ici ; il existe aussi dans le gisement voisin de Sahamandavo.

A Ampangabe, l'ilmenorutile est irrégulièrement distribué, associé à l'ampangabéite ; quand je l'ai observé pour la première fois, au cours de la visite de sa carrière que me faisait faire M. Florens, nous avons recueilli plusieurs kilogrammes de cristaux sur une surface de moins d'un mètre carré. Le minéral forme parfois des cristaux énormes, l'un de ceux que j'ai rapportés (Pl. 8, fig. 5), constitué, il est vrai, par un groupement à axes parallèles, pèse 7 kilogrammes et mesure 13 cm. $\times$ 8 $\times$ 8. Ces cristaux sont d'ordinaire englobés dans le microcline, exceptionnellement dans le quartz. Leur surface est souvent couverte de petites lamelles de muscovite. Leur couleur est le noir de fer, leur cassure est variable dans un même individu, conchoïde ou inégale, avec, d'ordinaire, une différence d'éclat, celui-ci est plus gras dans les parties conchoïdes ; la densité varie de 4,92 à 5,01.

Les formes géométriques sont celles du rutile, avec cette différence que l'octaèdre qui termine les cristaux est $b^{1/2}$. Je n'ai trouvé l'octaèdre a^1, si fréquent dans le rutile, qu'à l'extrémité d'un cristal à aspect hémimorphe, faisant partie du groupement représenté par la figure 99. Les cristaux se rapportent à deux types ne différant l'un de l'autre que par le développement de leurs faces.

Type I. — Ce type est caractérisé (fig. 87) par le développement normal des formes m, h^1, $b^{1/2}$ (Pl. 8, fig. 5 et 6) ; les cristaux sont peu allongés suivant l'axe vertical, le prisme dominant est soit m (fig. 87), soit h^1 (fig. 88 et 89) ; je n'ai observé la base que sur le cristal complet représenté par la figure 89.

Comme variante, je noterai le cristal représenté par la figure 90, dans lequel les faces h^1 et $b^{1/2}$ sont également développées ; il en résulte un pseudo-rhombododécaèdre ; c'est un mode de développement fréquent dans le zircon ; le cristal figuré en supporte un autre, en position parallèle, qui est d'aspect différent.

Type II. — Les cristaux sont allongés suivant une arête $b^{1/2}b^{1/2}$ $(1\bar{1}1)$ $(\overline{11}1)$; c'est l'allongement signalé dans l'ilmenorutile par M. Brögger, celui que j'ai indiqué[1] dans les cristaux de cassitérite des environs de Nantes et de Transbaikalie, et que M. Prior a plus tard rencontré[2], dans la cassitérite du Swasieland ; mais dans la cassitérite, la zone d'allongement ne comprend que les faces de l'octaèdre, de telle sorte que la section du cristal est un rhombe. Dans le minéral qui m'occupe ici, les faces octaédriques sont presque toujours accompagnées de deux faces h^1, parfois les six faces du pseudoprisme sont également développées (fig. 91 à 95), or, comme les valeurs angulaires calculées sont les suivantes (pour le rutile) :

$$b^{1/2}b^{1/2}\ 123^\circ 8' \qquad b^{1/2}h^1\ 118^\circ 26',$$

on voit que ces cristaux ont une section hexagonale ; les faces de ces gros cristaux étant toujours plus ou moins rugueuses, il n'est pas toujours facile de vérifier par des mesures que l'on ne se trouve pas en présence d'un prisme hexagonal régulier. Quelquefois, il y a aplatissement suivant une face h^1 (fig. 92) ou $b^{1/2}$ (fig 93).

Tantôt les cristaux sont terminés par deux faces $b^{1/2}$, deux faces m et une face h^1 (normalement développées) (fig. 91), tantôt par quelques-unes seulement d'entre elles, h^1 en particulier manque souvent (fig. 95) et $b^{1/2}$ plus rarement (fig. 94), alors que, dans d'autres cas, le développement des faces subsistantes est irrégulier.

Ces cristaux présentent de nombreux groupements de nature variée :

1° *Groupements à axes parallèles.* — Ces groupements sont constitués parfois par un grand nombre d'individus ; tel est notamment le cas du volumineux échantillon dont il a été question plus haut (Pl. 8, fig. 5), Quand il n'y a que deux individus, ceux-ci sont soit inégaux (Pl. 8, fig. 6), soit de même dimension (fig. 96 et 97), deux faces contiguës, $b^{1/2}$ de l'un et $b^{1/2}$ de l'autre, forment une gouttière régulière dont la fréquence explique peut-être le bruit que j'ai recueilli à Madagascar, d'après lequel on aurait trouvé de la cassitérite à Ampangabe ; mais la confusion ne se comprend guère, l'angle rentrant du *bec de l'étain* étant de 141° 31',

1. *Bull. Soc. franç. minér.*, t. XVII, 1894, p. 40.
2. *Miner. Magaz.*, t. XII, 1898, p. 100.

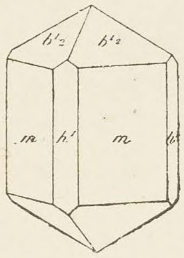


Fig 87.

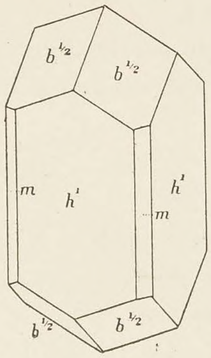


Fig. 88.

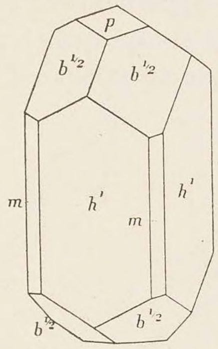


Fig. 89

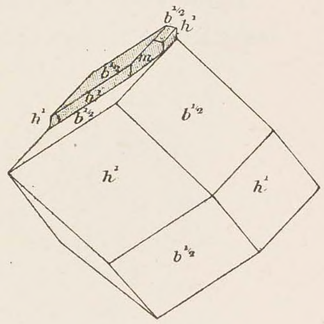


Fig. 90.

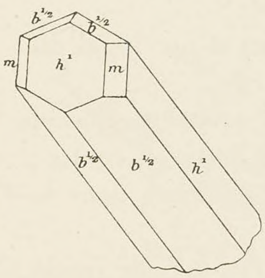


Fig. 91.

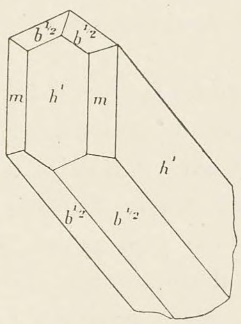


Fig. 92.

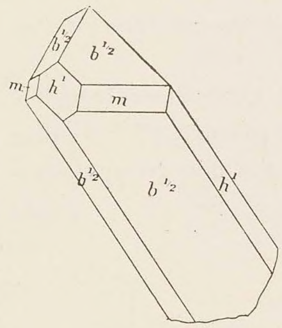


Fig. 93.

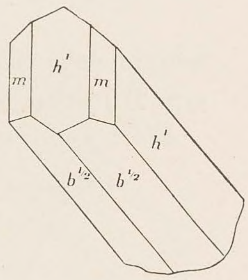


Fig. 94.

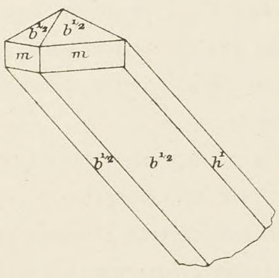


Fig. 95.

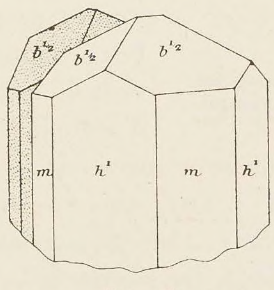


Fig. 96.

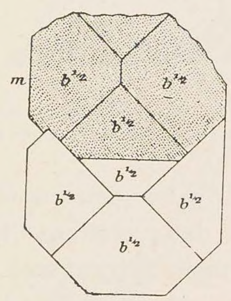


Fig. 97.

Ilmenorutile d'Ampangabe.
Type I (fig. 87 à 90) ; type II (fig 91 à 95) ; groupements à axes parallèles (fig. 96 et 97).

alors que celui dont il s'agit ici, n'est que de 92° 54'. Dans tous ces groupements, les individus élémentaires appartiennent au type I.

Il me reste à signaler le groupement représenté par les figures 98 et 99, dans lequel on voit associés, avec ou sans angle rentrant, un cristal du type I à facies

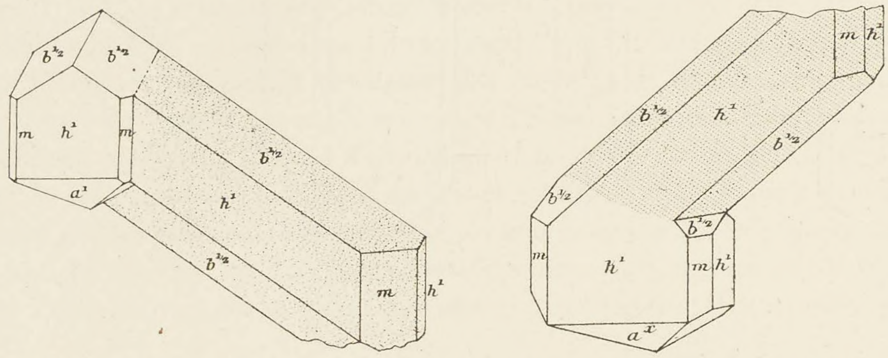


FIG. 98 et 99. — Groupements à axes parallèles de deux cristaux de type différent. Ampangabe.

hémimorphe ($b^{1/2}$ à l'une des extrémités et une face a^x à l'autre) et un cristal du type II ; l'ensemble mesure 7^{cm},5 de plus grande dimension.

Enfin j'ai rencontré des groupements à axes parallèles d'un cristal simple et d'une macle du type II décrit ci-contre ; celle-ci, plus petite, est englobée dans le cristal simple (fig. 100).

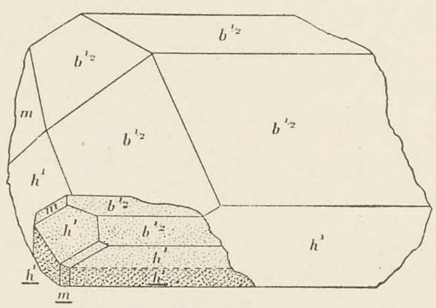


FIG. 100. — Groupement à axes parallèles d'un cristal simple et d'une macle. Ampangabe.

2° *Macle suivant* a^1 (101). — Cette macle présente deux types distincts.

Type I. — Tous les individus de la macle sont un peu aplatis suivant la face h^1 commune, perpendiculaire au plan de macle. Les échantillons que j'ai recueillis sont souvent de grande taille (4 à 5 centimètres) et d'ordinaire incomplets.

Il existe deux modalités de cette macle. Dans l'une, le groupement est formé par deux cristaux (fig. 101 à 102) qui, en outre de leur aplatissement, sont allongés suivant une arête $h^1b^{1/2}$; l'assemblage possède une symétrie rhombique ; plus rarement (fig. 103 et 104), les composants ne sont pas allongés, tel est le cas de la macle représentée par la figure 104 qui est remarquable par la forme triangulaire de la face h^1 ; elle est constituée par deux individus dont l'un est très prédominant.

Dans l'autre, qui est exceptionnelle, il existe trois composants (fig. 105 et 106),

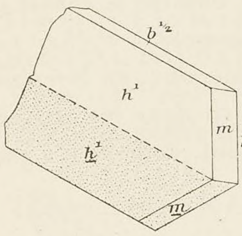


Fig. 101.

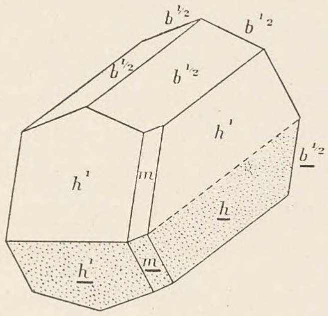


Fig. 102.

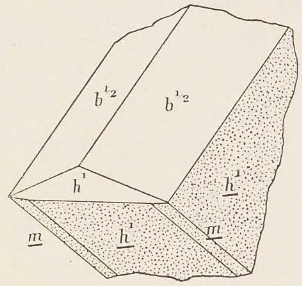


Fig. 103.

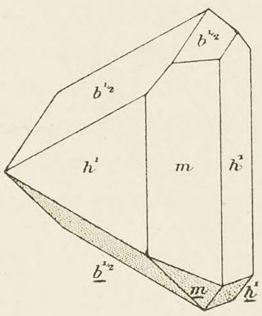


Fig. 104.

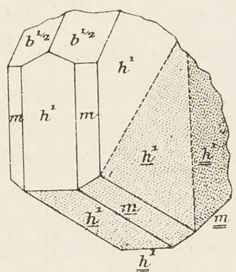


Fig. 105.

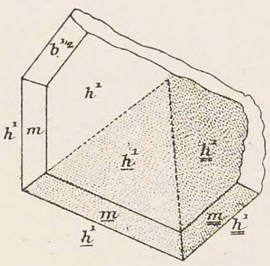


Fig. 106.

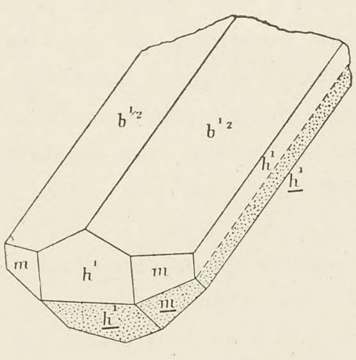


Fig. 107.

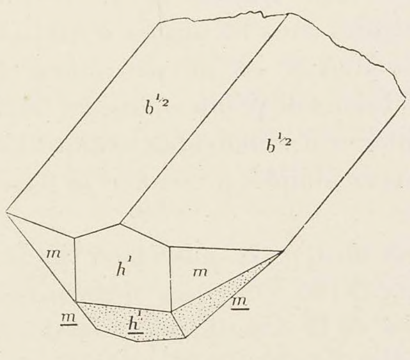


Fig. 108.

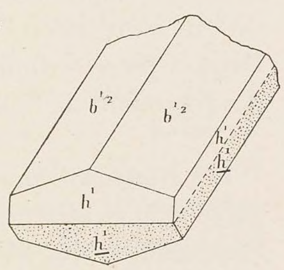


Fig. 109.

Ilmenorutile d'Ampangabe.
Macle suivant a^1 ; type I (fig. 101 à 106) ; type II (fig. 107 à 109).

le groupement rappelle celui du rutile des Grave Mountains, Géorgie, mais sans angles rentrants.

Type II. — Cette macle est formée par le groupement de deux cristaux allongés suivant l'arête $b^{1/2}b^{1/2}$; elle possède une symétrie rhombique, comme la macle de la figure 101, mais le groupement est un peu aplati parallèlement à a^1 (fig. 107 à 109). Il est identique à la macle de la *mossite* de Råde (Smålenene, en Norvège) figurée par M. Brögger[1]. Il rappelle aussi celui que j'ai décrit dans les cristaux de cassitérite de la Villeder[2], mais dans la zone d'allongement, celle-ci n'a pas,

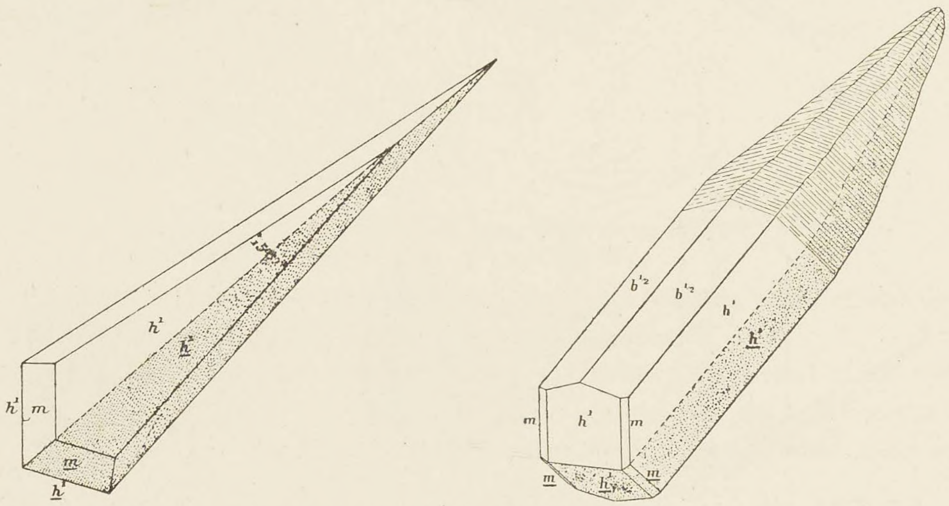


Fig. 110 et 111. — Macles déformées. Ampangabe.

en général, de faces h^1, alors que ces faces, au contraire, à une exception près (fig. 108), sont constantes dans les macles d'Ampangabe, aussi bien que dans les cristaux simples ; toutefois h^1 est un peu moins développé que les faces $b^{1/2}$, de telle sorte qu'en l'absence de pointements, les fragments de la macle conservent l'aspect pseudo-rhombique des individus terminés et se distinguent ainsi de suite des fragments de cristaux simples présentant le même allongement.

Les cristaux simples du type II, aussi bien que les macles qu'ils constituent, présentent fréquemment de curieuses déformations ; les arêtes formées par l'intersection des faces de la zone d'allongement autres que h^1 au lieu d'être parallèles à l'arête $b^{1/2}h^{1/2}$ avec laquelle elles devraient être en zone, font avec

1. Die Mineralien der Südnorwegischen Granit-pegmatitgänge. I. Niobate... *Kristiana, Videnskab, Selskab, Skrifta, Math. Naturv. Kl.*, 1906, n° 6, pl. I, fig. 3.
2. *Minér. France*, t. IV, 1901, p. 226, fig. 13.

celle-ci un angle très petit et variable, de telle sorte que le cristal se transforme en une pyramide extrêmement aiguë ne pouvant être exprimée par aucun symbole simple. Je n'ai du reste jamais recueilli que des fragments de ces cristaux déformés (Pl. 8, fig. 2) dont la figure 101 donne la représentation schématique, à l'exception de la macle représentée par la figure 109 qui ne présente ce développement anormal qu'à l'une de ses extrémités.

Nous retrouverons dans la monazite, la thorveitite et le béryl des phénomènes d'élongation du même ordre.

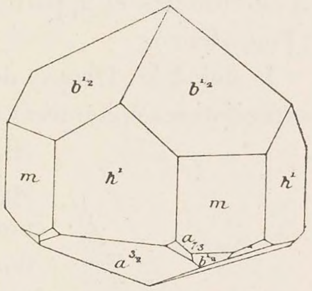


FIG. 112. — Ilmenorutile d'Ambatofotsikely.

L'ilmenorutile a été rencontré à Ambatofotsikely en masses atteignant plusieurs kilogrammes, mais les cristaux sont rares ; ceux que j'ai vus présentent les mêmes formes qu'à Ampangabe. La figure 112 représente, d'après M. Sabot [101], la forme idéalisée d'un cristal à apparence hémimorphe, présentant à l'une des extrémités les faces $a^{3/2}$ (203) et $a_{1/3}$ (523) ; la densité est de 5,03.

L'ilmenorutile (densité 4,87) existe dans la pegmatite à quartz rose et tourmaline de Tsimanahy, à une dizaine de kilomètres au Nord d'Ambositra, et dans celle de Berere, où elle est souvent englobée dans de gros cristaux de béryl.

Ilmenorutile-Strüvérite.

L'*ilmenorutile-strüvérite*, situé exactement à la limite de ces deux types, constitue de magnifiques cristaux dans la pegmatite à béryl bleu de Fefena. Les cristaux ont des faces très planes et souvent brillantes quand ils sont englobés dans le quartz rose. Les cristaux simples appartiennent au type I décrit plus haut ; les macles de deux individus à facies pseudo-rhombique (type de la figure 107), atteignant 5 à 6 centimètres de longueur sont particulièrement belles (Pl. 8, fig. 3 ; la figure 3 montre le cristal avec la face h^1 commune dans le plan du papier ; la figure 4 le représente dans une position perpendiculaire). Des cristaux beaucoup plus gros, pesant plusieurs kilogrammes, se rencontrent dans le feldspath altéré ; leurs formes sont encore nettes, mais leurs faces sont parfois un peu rugueuses.

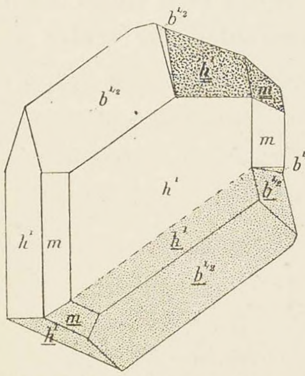


FIG. 113. — Ilmenorutile-strüvérite de Fefena.

La figure 113 représente, d'après M. Ungemach [106], une macle triple suivant

des faces a^1 non en zone ; on voit une face h^1 simuler une face a^1 du cristal non ombré ($pa^1 = 147°6'$, d'où $c = 0,6469$).

Strüvérite.

C'est à la *strüvérite* qu'il faut rapporter des cristaux ne dépassant guère 2 à 3 centimètres et appartenant au type II que j'ai recueillis au mont Tsaramanga (Tongafeno).

Je dois à M. Dropsy de fort beaux cristaux du même minéral, trouvés dans les exploitations éphémères de pegmatite à béryl d'Amparikaolo et d'Antsahamaloto (Betsiriry) (Densité 5,38 ; $TiO^2 = 39,92$ pour 100) ; ils appartiennent tous au type II, mais avec un allongement plus grand qu'à Ampangabe : il en est de même pour des cristaux de 1 à 3 centimètres provenant de la région d'Itorendrika ; les faces h^1 y sont moins développées que dans la figure 4. Ces cristaux sont généralement simples ; j'ai cependant observé quelques macles, la figure 114 représente l'une d'elles qui a le même aspect que celle de l'ilmenorutile d'Ausel, près Tvedestrand (Norvège) figurée par M. Brögger[1].

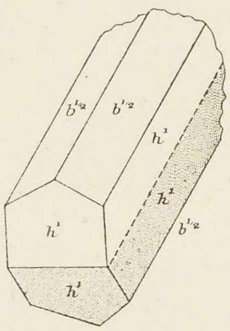


Fig. 114. — Strüvérite d'Amparikaolo (Macle du type I).

Enfin, je signalerai un dernier gisement, celui de Befanamo (Est d'Ankazobe), ayant fourni des macles du type II fort nettes, qui englobent parfois de la thorveitite.

La première analyse, faite par M. Pisani sur le minéral d'Ampangabe, m'a permis jadis de déterminer ce minéral ; depuis lors, M. Zambonini a bien voulu faire [93bis], avec des méthodes plus modernes, les analyses suivantes que seules je retiendrai :

		Densité
a)	Strüvérite de Tongafeno.	5,87
b)	Ilmenorutile-strüvérite de Fefena.	— 4,87
c)	Ilmenorutile de d'Ampangabe.	— 5,01

	a		b		c
TiO^2	30,68		57,16		45,51
Ta^2O^5	52,51	46,5 env.	30,04	18 env.	38,47 (diff.)
Nb^2O^5		6,0		12 —	
SnO^2	0,52		0,22		tr.
FeO	15,48		12,68		15,88
MnO	0,41		tr.		0,14
SiO^2	0,20		»		»
	99,80		100,10		100,00

1. *Op. cit.*, pl. I, fig. 7.

D'où l'on tire les formules approximatives suivantes :

a) Fe (Ta, Nb)^{2}O^6 . (3 TiO^2, 0,74 FeO), avec Ta^{2}O^5 : Nb^{2}O^5 = 0,83 : 0,17
b) Fe (Ta, Nb)^{2}O^6 . (8.3 TiO^2, 1,06 FeO) — = 0,48 : 0,52

	a		*b*		*c*
Ta^{2}O^5.	47,18	62,26	18,23	36,33	
Nb^{2}O^5.	5,84		11,93		
FeO.	9,24		6,17		
TiO^2.	30,90	37,74	57,13	63,67	
FeO.	6,84		6,54		
	100,00		100,00		

et pour le rutile

	a	*b*	*c*
TiO^2.	81,85	89,7	86,7
FeO.	18,15	10,3	13,3
	100,00	100,0	100,0

Il n'y a pas de relation certaine entre l'aspect de la cassure, grenue ou conchoïde, et la densité ou la teneur en TiO^2.

	DENSITÉ	CASSURE	TiO^2
Mont Tsaramanga. . .	5,87	Grenue.	30,68
Antsahamaloto. . . .	5,38	Conchoïde avec traces de partie grenue.	39,92
Ampangabe (*b*). . . .	5,01	Grenue.	45,51
— (*a*). . . .	4,95	Grenue avec traces de parties conchoïdes.	48,54
Fefena.	4,87	Conchoïde.	57,16

Le minéral de Fefena présente un vif intérêt, parce qu'il se trouve presque exactement à la limite entre l'ilmenorutile et la strüvérite (Ta : Nb = 1 : 1,1) ; il se compose de 36 pour 100 de mossite typique, telle qu'elle a été décrite par M. Brögger (Ta : Nb = 1 ; 1) et de 63 pour 100 de rutile ferrifère.

ZIRCON

$ZrSiO^4$.

Propriétés cristallographiques. Quadratique. $c = 0{,}64035$. Clivages, m(110), parfois très nets, difficiles suivant $b^{1/2}$ (111). Cassure conchoïdale.

Dureté. 7,5. *Densité*. 4,68 à 4,70 (Voir page 235).

Propriétés optiques. Incolore, jaune, brun enfumé, orange, rouge, violet, vert. La couleur

varie parfois dans un même cristal. Eclat adamantin. Transparent ou translucide. Uniaxe et optiquement positif. Très forte réfringence ($n_g = 1,9682$, $n_p = 1,9239$) (Voir plus loin pour les diverses formes du zircon).

Propriétés chimiques. La composition théorique est : SiO^2 32,8 ; ZrO^2 67,2. Infusible au chalumeau, mais se décolore. Inattaquable par les acides.

Diagnostic. Le zircon se distingue par la forme de ses cristaux, par sa réfringence, sa haute biréfringence ; il est plus dur que le xénotime, qui possède la même forme que lui (voir à *monazite*).

GISEMENTS

Le zircon n'est pas moins fréquent que l'apatite, à l'état d'élément microscopique, dans toutes les roches éruptives (surtout les acides) et dans la plupart des schistes cristallins de l'Ile. Comme, d'autre part, ce minéral est peu altérable et qu'il est dur, on s'explique son extrême abondance dans toutes les alluvions de la partie ancienne de l'île, mais avant de m'occuper de celles-ci, je dois étudier quelques gisements dans lesquels le zircon se présente en cristaux maniables.

Roches éruptives.

Pegmatites. — Le zircon n'est pas rare dans ces roches en cristaux de quelques millimètres, soit allongés suivant l'axe vertical (type I, fig. 115 à 118) et présen-

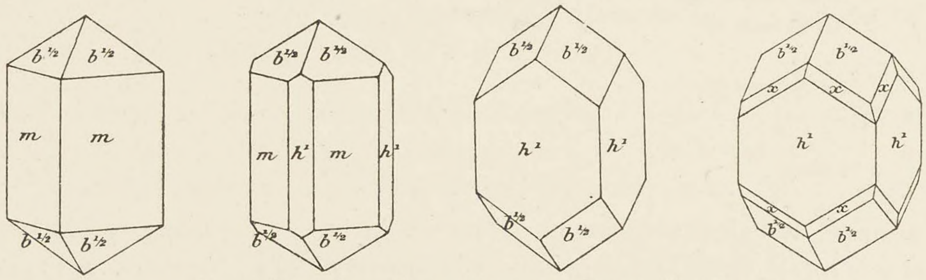


FIG. 115 à 118. — Zircon. Formes communes. Type I.

tant le plus souvent la combinaison m (110) et $b^{1/2}$ (111), avec ou sans h^1 (100) et x (311), ou bien la combinaison h^1 $b^{1/2}$ avec facies pseudo-rhombododécaédrique (fig. 119 et 120), soit réduits à l'octaèdre $b^{1/2}$ avec des faces prismatiques rudimentaires (type II, fig. 121 et 122). Ils sont d'ordinaire bruns, noirs (Samiresy, avec samiresite et euxénite) ou jaunâtres.

Un gisement du plus haut intérêt est celui d'Itrongay. Le zircon se rencontre dans la pegmatite à orthose ferrifère en cristaux fragiles ou friables de près de un centimètre ; ils sont d'un jaune clair et translucides, mais on trouve aussi, à la surface du sol, en même temps que le diopside et l'orthose jaune, des fragments

translucides de zircon atteignant 5 centimètres de diamètre : ce sont des débris de cristaux de très grandes dimensions. Leur couleur est variée : jaune, vert-clair, brune ou noire ; plusieurs de ces teintes se trouvent parfois réunies dans un même fragment. La cassure est conchoïde ; les clivages prismatiques sont très difficiles. Le minéral est fragile, parfois traversé de fissures remplies par de l'opale. La densité moyenne oscille autour de 4 (entre 3,983, échantillon noir, et 4,08). Le

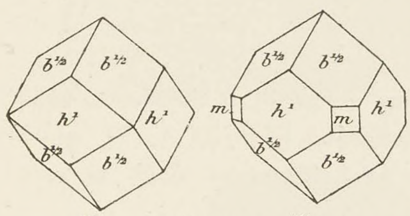


Fig. 119 et 120. — Zircon. Formes fréquentes. Type I.

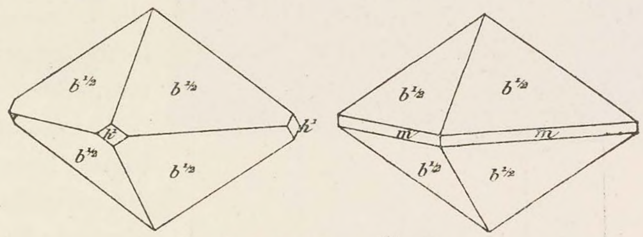


Fig. 121 et 122. — Zircon. Formes communes.

minéral est uniaxe, optiquement positif, mais, au lieu d'être très biréfringent, comme le zircon normal, il possède une biréfringence à peine égale à celle du quartz. Par calcination au rouge, sans qu'aucun changement de poids puisse être constaté, la couleur devient plus pâle, la transparence augmente et souvent aussi la biréfringence, ainsi que la densité qui monte jusqu'à 4,50.

Il existe aussi des cristaux d'un violet d'axinite ; ceux que j'ai examinés [26], sont plus ou moins transparents et peuvent parfois constituer une gemme. Leur densité oscille entre 4,40 et 4,71. Les figures 123 et 124 représentent leur aspect remarquablement dissymétrique ; une partie seulement des faces x (311) est présente ; ces cristaux ne dépassent guère $1^{cm},5$.

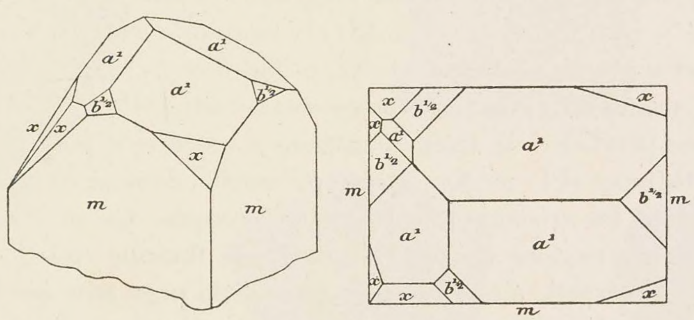


Fig. 123 et 124. — Zircon d'Itrongay. La figure 124 est la projection sur la base de la figure 123.

Les cristaux de faible densité possèdent toutes les particularités, jadis étudiées par Damour et Des Cloizeaux[1] et plus récemment par Stanovic[2], par M. Koechlin[3] et par M. Spencer[4] sur des cristaux de Ceylan.

1. *C. Rendus*, t. LVIII, 1864, p. 154.
2. *Zeitsch. f. Krystall.*, t. XXXVII, p. 247.
3. *Tschermak's Mitteil.*, XXII, p. 371.
4. *Miner. Magaz. London*, t. XIV, 1904, p. 48.

Il faut conclure qu'il existe à Itrongay, aussi bien qu'à Ceylan, deux formes stables de zircon : le zircon α, peu biréfringent, de densité voisine de 4 et le zircon β, à biréfringence élevée (zircon normal), de densité voisine de 4,7. Les propriétés physiques de ces types ne changent pas sous l'influence de la chaleur, mais il existe en outre une troisième forme qui, elle, est instable (zircon γ), de densité un peu supérieure à 4 ; elle se mélange aux deux autres et se transforme en zircon β, sous l'action d'une haute température.

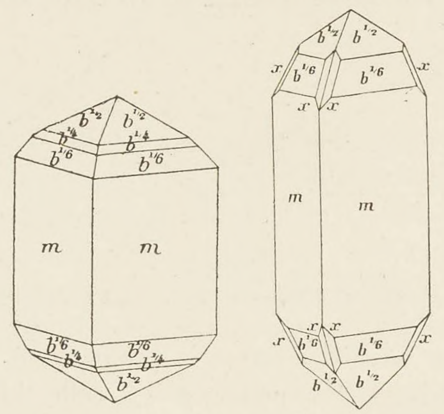


Fig. 125 et 126. — Zircon du Mont Ampanobe.

J'ai étudié un échantillon de zircon analogue, brun rougeâtre (densité 4,15), qui a été recueilli à Ambatomivavy dans la province de Betroka.

Un autre gisement remarquable a été découvert par M. Gaugé, à l'Ouest de Fianarantsoa et de Solila, au Nord et au Sud de la Manantanana, entre la Manambovona et le massif de l'Ingaro, notamment au mont Ampanobe. Dans la terre rouge, se trouvent en abondance des cristaux de zircon à propriétés optiques et densité normales, dont quelques-uns ont plus de 10 centimètres suivant c et pèsent plusieurs kilogrammes ; ils sont gris ou rougeâtres et présentent m, $b^{1/2}$ dominants, avec parfois $b^{1/6}$ (331), $b^{1/4}$ (221), x (311) ; certains d'entre eux sont très allongés suivant c et sont polysynthétiques (Pl. 9, fig. 3 et 4) ; Quelquefois ils montrent sur m de curieuses figures d'accroissement en relief (Pl. 9, figure 2, l'axe vertical du cristal est parallèle à la marge), certains d'entre eux possèdent une structure polysynthétique (Pl. 9, fig. 3), exceptionnelle dans ce minéral dont les cristaux sont rarement groupés. Çà et là, ce zircon englobe un peu de quartz, de fluorine violette et de feldspath altéré, dernier reste de la pegmatite qui les renferme : celle-ci constitue de petits filons minces dans des calcaires cristallins et dans les roches silicatées qui en dérivent. Ce gisement présente un intérêt industriel (Voir t. II).

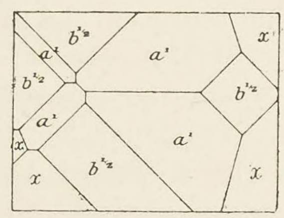
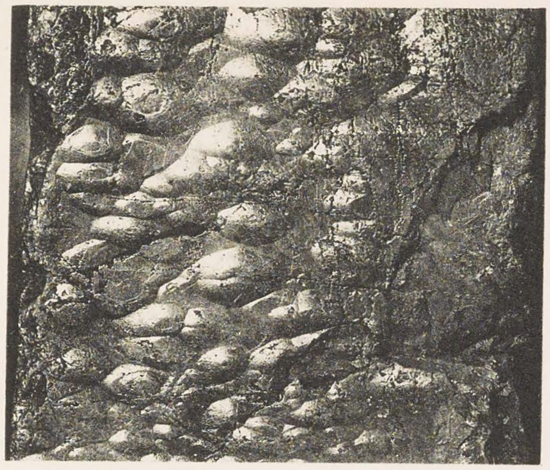


Fig. 127. — Zircon. Mont Ampanobe (?) (Projection sur la base).

Il n'est guère douteux que ce ne soit de cette région, sinon de ce gisement même, que provient un gros cristal à développement irrégulier (m, $b^{1/2}$, a^1, x) (fig. 127) qui a été décrit par MM. Duparc, Sabot et Wunder [15bis], avec l'indication incertaine de localité



1



2



3



4



5



6



7

Clichés Cintract et Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Rutile dans quartz (fig. 1). — ***Zircon ;*** Mont Ampanobe fig. 2 (figures d'accroissement), 3 et 4 ; Fanovana (fig. 6). — ***Malacon ;*** Ambatofotsy (fig. 5). — ***Uranothorite ;*** Ambatofotsy (fig. 7).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

« environs d'Ambositran ; sa densité est de 4,583. Sa composition : SiO^2 28,45 ; ZrO^2 71,80 ; Fe^2O^3 0,05 ; MnO 0,18 = 100,48.

	n_g	n_p	n_g-n_p
Li	= 1,9757	1,9179	0,0578
Na	= 1,9854	1,9257	0,0597
Th	= 1,9908	1,9327	0,0581

Granite à aegyrine et riebeckite. — J'ai rencontré à Ampasibitika [131] le zircon dans des conditions exceptionnelles ; sur la cassure fraîche du granite à riebeckite et aegyrine, on aperçoit de petites taches d'un blanc rosé ; l'examen microscopique fait voir qu'elles sont formées par du quartz englobant du zircon, ayant tantôt des formes distinctes et tantôt constituant des agrégats concrétionnés à structure fibreuse ; ce sont des pseudomorphoses d'un minéral disparu que j'ai trouvé à l'état intact ou en voie de transformation dans la roche du même gisement que j'ai appelée la fasibitikite [147] ; c'est une eucolite cérifère.

Projections volcaniques basiques et alluvions.

Je réunis ici deux modes de gisement fort différents, mais qui doivent être comparés cependant, car ils résultent l'un et l'autre d'une préparation mécanique du zircon d'origine granitique ou gneissique, effectuée par deux procédés naturels distincts, mais aboutissant au même résultat.

Projections et alluvions basaltiques. — Les scories des cônes basaltiques de Nosy Be (Ankalampo en particulier), du Massif d'Ambre (Mahery, etc.), de Nosy Mitsio, renferment du zircon en gros cristaux rouge hyacinthe ou orangés, semblables à ceux du Velay et présentant tous les types de formes représentés par les figures 115 à 122. Ils proviennent de la destruction de roches anciennes granitiques ou gneissiques, arrachées en place par le magma, roches dont les éléments les plus fusibles ou les plus attaquables par le magma (micas, feldspaths, quartz, etc.), ont disparu, alors que les minéraux infusibles ou peu attaquables ont subsisté. Ces cristaux ont souvent leurs angles arrondis, leurs faces corrodées, par suite de l'action du magma fondu. Certains d'entre eux, atteignant 1 centimètre, sont remarquables (fig. 125) par le grand développement de la pyramide $b^{1/6}$ (331).

Dans l'Ankaratra, des cristaux identiques se trouvent, non seulement dans les scories non remaniées, mais aussi dans les alluvions formées à leurs dépens. Ils sont associés à des corindons ayant la même origine, à de la ferropicotite, à de l'ilménite et de la magnétite qui, elles, proviennent, au moins en partie, du magma basaltique. Ce zircon, n'ayant pas de valeur commerciale, n'est pas recherché,

mais on le trouve partout où l'on exploite le corindon et en particulier à Andranomadio ; Andriankely ; Andrangoaka ; entre Ianaborona et Ampitantafika et aussi dans la région du Vontovorono.

Comme dans les gisements du Velay[1], analogues au seul point de vue minéralogique et génétique, ces cristaux de zircon sont quelquefois enclavés dans des fragments de basalte.

Alluvions granitiques et gneissiques. — Tous les fonds de batée de l'île, sans exception, renferment des cristaux de zircon, bien qu'en proportion variable. Ils y sont plus ou moins apparents suivant leur grosseur. Ils ont la même origine première que ceux des scories basaltiques ; ils proviennent de la désagrégation de roches granitiques et gneissiques, mais ils ont été arrachés à leur gisement originel par l'action de l'eau. L'intensité de la décomposition superficielle des roches silicatées alumineuses à Madagascar explique l'extraordinaire abondance de ce minéral dans les alluvions.

Ces cristaux sont parfois très nets (fig. 115 à 120), transparents, rouges hyacinthe, orangés, jaunes, verts, gris, blancs ou même incolores. Il en est aussi d'opaques, de gris ou de bruns. Ils sont accompagnés de corindon, de rutile, de monazite, etc.

Parmi les gisements, très nombreux, dont j'ai vu des échantillons, je signalerai la Belambo et divers affluents de la Betsiboka et de l'Ikopa ; Anivorano ; Ifempina (cristaux quelquefois opaques, avec combinaison $m\, b^{1/2}$, allongés ou raccourcis suivant l'axe vertical et quelquefois $b^{1/2}$ seul) ; la Matitanana et en particulier son affluent la Sandrananta (région d'Ikongo) ; Ihosy et la région comprise entre Antambohobe et Antananarivokely et, d'une façon plus générale, toute la région du Sud.

A citer encore : Ambodivoara sur la Nosivolo et la Sahabe, affluent de droite de cette dernière rivière ; les alluvions de l'Ampasimatera (entre le Bemarivo et l'Anjobony) ; la rivière Sahanavo et son affluent la Menavato, à 40 kilomètres Ouest de Tamatave ; la rivière Sahanary, près Ambohimanga du Sud.

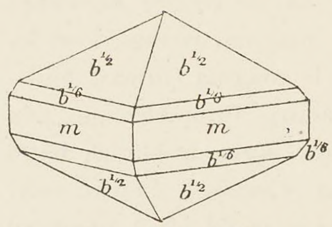


Fig. 128. — Zircon de Fanovana.

Il faut faire une mention spéciale pour des zircons trouvés par MM. Barbe et Chulliat dans les alluvions d'un petit affluent de la rivière de Beforona, à Fanovana (kilomètre 168 du chemin de fer de l'Est) ; ils se trouvent en énorme quantité dans une couche verdâtre. De couleur jaune ou brunâtre et généralement opaques, ils ont presque tous la forme d'octaèdres $b^{1/2}$ (fig. 121 et 122 et Pl. 9, fig. 6), avec souvent de petites facettes $b^{1/6}$ (331) et m (110) (fig. 128). Très exceptionnellement, les faces m

1. Cf. *Minéralogie de la France*, t. III, p. 211 et *Les Enclaves des roches volcaniques*, 1893, p. 88.

prennent un plus grand développement et les cristaux sont alors un peu allongés suivant *c* (fig. 125). Ces cristaux peuvent atteindre un centimètre ou deux de plus grandes dimensions ; ils ont parfois des faces brillantes ; ils sont accompagnés par des grains d'hématite.

En outre des cristaux qui viennent d'être décrits et qui mesurent généralement au moins un millimètre et, comme on vient de le voir, souvent davantage, il y a lieu d'en citer d'autres, beaucoup plus petits, n'ayant que quelques dixièmes de millimètre et même moins ; ils échappent généralement à l'observation, à cause de leur finesse, mais ils apparaissent si l'on a soin de laver avec soin les parties fines des alluvions ; c'est ainsi que M. Garivier m'a communiqué plusieurs centaines de grammes d'une poudre blanche, constituée par des cristaux de zircon, résultant de l'électrotriage des parties les plus fines d'un sable monazité de la vallée du Mananjary. Ces cristaux sont incolores et généralement fusiformes, grâce au développement du dioctaèdre x (311) (fig. 129 et 130). C'est la forme si fréquente dans les cristaux microscopiques du zircon des granites et des gneiss ; comme ceux-ci, ils sont riches en inclusions cristallines minuscules. Grâce à leur petitesse, ces cristaux ont résisté à l'usure et ils ont souvent leurs arêtes remarquablement vives.

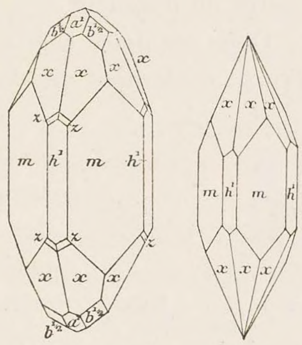


Fig. 129 et 130. — Zircon. Alluvions du Mananjary.

Gisement de nature incertaine.

A Tsarafangitry, au Nord-Ouest de Vangaindrano, se trouvent, à la surface du sol, des blocs d'ilménite compacte englobant un grand nombre de cristaux de zircon jaune et des pseudomorphoses ferrugineux de pyroxène (?) : peut-être s'agit-il là de ségrégations dans des gneiss basiques.

MALACON

Je ne me suis occupé jusqu'ici que du zircon intact, mais le plus souvent dans les pegmatites et surtout dans les pegmatites potassiques renfermant des minéraux uranifères, des cristaux de zircon altéré abondent ; le minéral est plus ou moins complètement transformé en un produit d'hydratation qu'il faut comparer au

malacon de Norvège. Ces transformations sont surtout fréquentes lorsqu'au lieu de former, comme dans le cas précédent, des cristaux isolés et distincts, le zircon présente des associations de cristaux, soit réunis en grand nombre sur des lames de mica pour former des plaques planes d'un côté, hérissées de pointements cristallins de l'autre ou de véritables gâteaux (Ambatofotsy) garnis à l'extérieur de pointements distincts, soit groupés autour d'un centre, pour constituer des agrégats globulaires dont les individus élémentaires peuvent avoir près d'un centimètre de longueur.

Dans les deux cas, les formes géométriques dominantes sont $b^{1/2}$ (111) et h^1 (100), également développées (fig. 119 et 120), ce qui donne à l'ensemble l'aspect d'un rhombododécaèdre, mais les faces sont bombées et les arêtes courbes (Pl. 9, fig. 5) ; exceptionnellement (Ampangabe), j'ai observé en outre de petites faces x (311) sur des cristaux d'un autre facies (fig. 131), dont les faces sont planes.

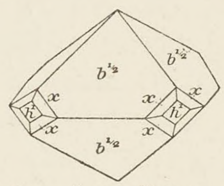


Fig. 131. — Malacon d'Ampangabe.

La couleur est généralement le brunâtre, plus rarement le gris clair ou le brun rouge (Ambolotara).

Dans ces agrégats, le zircon est très fréquemment associé aux niobates qu'il entoure ou qu'il englobe. J'ai observé son mélange intime avec la blomstrandite et la columbite à Tongafeno ; avec la monazite et l'ampangabéite à Ampangabe ; avec la samiresite à Samiresy ; avec la betafite à Ambolotara, à Ambatofotsy, où il est extrêmement abondant (avec en outre uranothorite) et à Ambatolampikely ; avec l'euxénite dans la Haute Betsiboka.

En outre de ces gisements, je citerai, Morafeno au Sud-Sud-Ouest de Vinaninony ; Sama ; Fiadanana ; Ambatofotsikely, etc.

A Ambatofotsy, l'examen de vides prismatiques hexagonaux traversant des agglomérations de gros cristaux de betafite montre que le malacon a cristallisé sur le béryl, puis a été recouvert par la betafite.

L'étude microscopique de ces produits d'hydratation [82] fait voir leur complexité.

1° Dans certains cas, le zircon est entièrement transformé en une substance colloïde, englobant toujours en quantité plus ou moins grande des produits ferrugineux.

2° Il existe parfois un mélange de substances colloïdes et d'un minéral cristallisé, biréfringent ; celui-ci possède une structure cloisonnée, permettant de constater que l'altération a, comme dans le cas de l'olivine, suivi les clivages et les cassures du zircon.

Fréquemment dans ces pseudomorphoses, lorsqu'il existe des cavités, les minéraux néogènes sont limpides et dépourvus d'inclusions sur leurs bords, tandis qu'au contraire les inclusions sont extrêmement abondantes dans l'intérieur du cristal. Le minéral cristallisé possède la même orientation optique que le zircon. Sur un échantillon incomplètement transformé provenant d'Ampangabe, cette remarque peut être faite facilement ; j'y ai constaté la très grande différence de réfringence et de biréfringence existant entre le zircon et son produit d'altération qui, lui aussi, est uniaxe et optiquement positif. Les deux minéraux s'éteignent rigoureusement ensemble ; la biréfringence est voisine de celle du quartz, mais un peu variable avec la plage considérée, la faible réfringence ne permet pas d'admettre que l'on soit en présence de la forme de zircon dont il est question page 236. Ce mode d'altération rappelle tout à fait la transformation des pyroxènes rhombiques en bastite.

Il est impossible de purifier complètement le minéral secondaire, les inclusions ferrugineuses sont trop petites pour pouvoir être séparées mécaniquement. L'action des acides ne peut être employée, ce produit d'hydratation du zircon étant attaquable par ceux-ci ; j'ai donc dû me contenter [82] de séparer par lévigation la poudre très fine et les produits, ainsi imparfaitement purifiés, ont été analysés par M. Pisani ; Malacon, *a*. brun rouge d'Ambolotara ; *b*. brun clair d'Ambatolampikely.

	a	*b*
SiO^2	17,4	18,10
ZrO^2	57,2	59,90
ThO^2	0,8	1,16
Nb^2O^5	8,0	6,60
Al^2O^3	5,6	2,32
Fe^2O^3	3,1	2,72
MnO	»	0,20
H^2O	9,5	9,50
	101,6	100,50
	Densité : 3,62.	

Il ne me paraît guère douteux que l'alumine et le fer et une portion correspondante d'eau ne proviennent d'inclusions de la terre rouge résultant de la latéritisation de la pegmatite qui contient les échantillons analysés. L'acide niobique a vraisemblablement pour origine la décomposition de la betafite, associée au malacon et dont je n'ai pu séparer que les portions visibles à l'œil nu. Cependant, contre cette hypothèse, on pourrait objecter que l'analyse ne revèle aucun des autres éléments de ce minéral et notamment ni titane, ni urane ; ces corps ont été recherchés avec soin par M. Pisani. On sait en outre qu'une variété de zircon du Japon (*naégite*) renferme une quantité importante d'acide niobique et

de terres yttriques. Cependant, l'existence dans toutes les plaques que j'ai observées, d'inclusions d'un minéral jaune très réfringent qui est probablement un produit d'altération de la betafite, me porte à penser que l'acide niobique n'entre pas dans la constitution du minéral. Si l'on admet cette hypothèse et si l'on admet en outre que, seules la silice, la zircone, la thorine (?) et l'eau entrent dans la constitution de ce malacon, la composition centésimale du produit anhydre, auquel il correspond, serait la suivante ; je donne (*c*) comme comparaison la composition théorique du zircon normal :

	a	*b*	*c*
SiO^2	24,7	22,9	32,99
ZrO^2	74,2	75,7	67,01
ThO^2	1,1	1,4	»
	100,0	100,0	100,00

On voit d'après ce tableau, que la transformation du zircon en malacon s'est vraisemblablement effectuée, non seulement par hydratation, mais par perte d'une certaine quantité de silice. Le processus d'altération serait donc le même pour ce minéral que pour les autres silicates des roches latéritisées. On pourrait penser aussi que, peut-être, le rapport de la silice à la zircone n'était pas originellement le même que dans le zircon normal et j'avais cru tout d'abord trouver une confirmation de cette opinion dans ce fait que le malacon monoréfringent ou faiblement biréfringent, reprend, après calcination, la réfringence et la haute biréfringence du zircon, mais j'ai pu constater que cette propriété est partagée par le malacon de toutes les localités dont j'ai pu me procurer des échantillons.

En terminant, notons que le malacon de Madagascar possède toujours une faible radioactivité (0,11 pour *a* et 0,12 pour *b*), qui est due à la thorine mise en évidence par l'analyse. Il est fort possible que celle-ci résulte d'un mélange mécanique de thorite, minéral qui est associé au malacon d'Ambatofotsy et qui existe peut-être dans d'autres localités.

THORITE

$ThSiO^4$.

Propriétés cristallographiques. Quadratique. $c = 0{,}640$. Clivages *m* (110) distincts. Cassure conchoïdale.

Dureté. 4,5 à 5. *Densité.* 5,40 à 5,19 (*orangite*), 4,8 à 4,4 (*thorite*), s'abaissant par hydratation.

Propriétés optiques. Couleur jaune orange (*orangite*) ; brun jaune, brun noir, brun rouge. Eclat vitreux à résineux (*orangite*) ou simplement gras. Translucide et opaque.

Uniaxe et optiquement positive mais généralement isotrope par suite d'hydratation.

Propriétés chimiques. La composition théorique : SiO^2 18,5 ; ThO^2 81,5 est rarement réalisée ; le plus souvent (*uranothorite*), il existe de l'urane, du fer et parfois un peu de plomb, de calcium, etc.

Dans le tube, donne de l'eau. Infusible au chalumeau, sauf sur les bords dans les variétés très ferrifères. Très radioactive.

Attaquable par HCl en donnant une gelée. La solution, même très acide, donne par l'acide oxalique un abondant précipité, soluble dans l'oxalate d'ammoniaque. La thorine est précipitée par H^2O^2 de la solution chaude, légèrement acide.

Diagnostic. L'attaque par HCl, les réactions de la thorine dans la solution, permettent de distinguer la thorite du zircon, dont elle est isomorphe. L'insolubilité de l'oxalate de ThO^2 dans un excès d'acide oxalique permet de distinguer cet oxyde de la zircone dans les variétés de malacon attaquables par les acides.

GISEMENTS

J'ai rencontré [88] dans la pegmatite à betafite d'Ambatofotsy des cristaux d'uranothorite d'un brun rouge foncé ; ils sont ternes et dépourvus de clivages. Ils atteignent 1 centimètre suivant *c* et sont toujours implantés sur le malacon et parfois associés à la betafite. La netteté de leurs formes ($b^{1}/_{2}\, m$, fig. 115 et Pl. 9, fig. 7) et leur couleur plus rouge les font immédiatement distinguer des cristaux de malacon, à faces courbes, qui les supportent et qui, en outre, sont d'une couleur tirant sur le brun. De plus, l'uranothorite a une cassure mate, elle est très hydratée et monoréfringente. M. Demalander en a fait une analyse partielle qui a fourni ThO^2 49,2 ; U^3O^8 7 ; Ce^2O^3 3 pour 100 et beaucoup de fer.

La radioactivité mesurée[1] dans le laboratoire de Mme Curie, par comparaison à celle de l'oxyde noir d'uranium, est de 3,57.

M. Chagnoux vient de me remettre des cristaux d'*orangite,* à éclat résineux très éclatant, d'un beau jaune orangé, ayant la même forme que les précédents ; ils proviennent de la même région, mais le gisement exact n'a pas été donné. Ces cristaux, très hydratés, ont une densité de 4,35 ; une analyse en cours d'exécution en sera donnée dans le chapitre du tome II consacré aux minéraux radioactifs.

CASSITÉRITE

SnO^2

Propriétés cristallographiques. Quadratique. $c = 0{,}67232$. Macles suivant a^1 (101) (très fréquentes) (*bec d'étain*) et suivant $a^{1}/_{3}$ (301). Clivages imparfaits suivant h^1, peu distincts suivant $b^{1}/_{2}$ et *m*.

1. Un gramme répandu uniformément sur une surface de 5 centimètres de diamètre.

Dureté. 6 à 7. *Densité*. 6,8 à 7,1.

Propriétés optiques. Brune ou noire, grise, jaune, blanche. Structure fréquemment zonée. Eclat adamantin. Transparente, translucide ou opaque.

Uniaxe et optiquement positive. $n_g = 2{,}0934$; $n_p = 1{,}9966$. Polychroïque, avec maximum d'absorption suivant n_g.

Propriétés chimiques. La composition SnO^2 correspond à Sn 78,6 ; O 21,4 ; avec parfois traces de Fe^2O^3, Nb^2O^5, Ta^2O^5.

Infusible. Au chalumeau, avec la soude, donne un globule d'étain métallique, entouré d'un enduit blanc.

Diagnostic. La forme et les macles, la structure zonaire, le globule d'étain donné au chalumeau constituent les caractéristiques de ce minéral.

GISEMENTS

Bien qu'on ait souvent signalé l'existence de la cassitérite à Madagascar, où sa présence serait assez naturelle, étant donné l'abondance des granites, tous les échantillons qui m'ont été remis comme tels étaient constitués par d'autres minéraux.

Toutefois Baron a indiqué [109] qu'il a trouvé entre les mains d'un indigène de l'Ankaratra, un échantillon de cassitérite dont le gisement n'a pu être précisé ; c'est probablement un fragment de cet échantillon qui a été envoyé à Londres par le Consul britannique à Tananarive et dont l'analyse suivante a été publiée sans indication d'origine[1] : $SnO^2 = 97{,}98$ (77,5 d'étain métallique) ; $Fe^2O^3 = 0{,}15$; $CaO = 0{,}20$; résidu insoluble, surtout constitué par Nb^2O^5 et $Ta^2O^5 = 1{,}55$. L'existence de ces acides rares semble indiquer que si cet échantillon est vraiment malgache, il doit provenir d'une de ces pegmatites, dans lesquelles on rencontre des niobates et tantalates.

J'ai trouvé dans la collection de Baron l'échantillon en question ; il est dépourvu de formes géométriques. C'est un fragment d'un cristal unique, présentant un aspect assez spécial ; vu en masse, il est noir, il possède un état vitreux très vif, mais il est incolore en lame mince. Il est dépourvu de gangue ; ses fissures renferment des rosettes d'étain métallique dont la présence est fort singulière. S'agit-il d'une association naturelle de cassitérite et d'étain natif ? ou bien cet échantillon a-t-il été plongé dans un bain d'étain fondu, ce que rend improbable sa fraîcheur ? Mais alors dans quel but ? Je me borne à poser la question, n'y trouvant pas de réponse. Si l'étain de cet échantillon est bien une production naturelle, ce serait le premier exemple connu d'association d'étain natif et de cassitérite.

Alluvions. — M. Grossmann m'a dit avoir recueilli de très petits grains de

1. *London, Bull. imper. Institut.*, t. III, 1905, p. 41.

cassitérite alluvionnaire, en lavant le sable d'un ruisseau situé au pied de la butte d'Ampangabe ; je n'ai pas vu ce minéral.

POLIANITE (PYROLUSITE)

MnO^2.

Propriétés cristallographiques. Quadratique. $c = 0,66467$. Clivages parfaits suivant *m*. Fragile *Dureté.* 6 à 6,5. *Densité.* 4,99.

Propriétés optiques. Gris d'acier à gris de fer. Eclat métallique. Poussière noire. Opaque.

Propriétés chimiques. La composition théorique est : Mn 63,1 ; O 36,9.

Infusible sur le charbon, perd 12 pour 100 d'oxygène en se transformant en Mn^3O^4. Avec le sel de phosphore et le borax, la perle prend les colorations du manganèse (violet améthyste au feu oxydant et rose au feu réducteur).

Soluble dans l'acide chlorhydrique, avec dégagement de chlore.

La polianite est fort rare en cristaux indépendants ; elles constitue d'ordinaire des pseudomorphoses de manganite dont les formes géométriques sont respectées ; ces pseudomorphoses ont été appelées *pyrolusite,* alors qu'on les considérait comme un minéral spécial. Elles sont très fragiles et de faible dureté (2,5) par suite de leur état d'agrégation. Quand la transformation est incomplète, le produit donne dans le tube des quantités d'eau variables et alors la couleur de la poussière est d'un noir moins franc que lorsque la décomposition est totale.

GISEMENTS

M. Lasnier m'a remis des échantillons de *pyrolusite,* recueillis entre Ambatolampy et Antsirabe, sur le flanc occidental du Mont Sarobaratra, à environ 25 kilomètres Sud-Est d'Ampitantafika. Ils ont une structure miarolitique et sont constitués par des agrégats de cristaux qui apparaissent dans les cavités avec des faces qui sont brillantes, mais trop petites pour pouvoir être déterminées. Dans ces échantillons, la pseudomorphose, si pseudomorphose il y a, est à peu près totale, mais il est fort possible qu'il s'agisse là de polianite primaire, la dureté est de 5,5, le minéral raye facilement l'apatite, mais il ne raye pas l'orthose.

THORIANITE

$(Th,U)O^2$.

Propriétés cristallographiques. Cubique. Traces de clivages suivant *p* (100). *Dureté.* Un peu inférieure à 7. *Densité.* 9,33 (Madagascar).

Propriétés optiques. Noire à brune noirâtre. Transparente en lames minces et d'un brun rougeâtre. Éclat très vif, un peu adamantin.

Monoréfringente. $n = 1{,}8$.

Propriétés chimiques. La thorianite est un mélange isomorphe de ThO^2 et de UO^2 (en proportions très variables), avec de petites quantités d'un grand nombre de corps.

Infusible au chalumeau.

Attaquée par l'acide azotique concentré et l'acide sulfurique.

Propriétés radioactives. Très radioactive.

Diagnostic. La forte densité, la forme cubique, jointes à la radioactivité sont spécifiques de ce minéral.

GISEMENTS

J'ai décrit [72] deux cristaux de ce minéral, provenant de la province de Betroka, sans indication plus précise. L'un, brisé, devait mesurer de $2^{cm},5$ à 3 centimètres suivant une arête cubique, il présente la combinaison p (100), a^3 (311) (fig. 132) ; l'autre, n'ayant que 1 centimètre, est une macle par rotation de 60° autour d'un axe ternaire de deux cristaux de la combinaison p, a^1, a^3 (fig. 133) ; cette macle a lieu par pénétration (fig. 134 et 135).

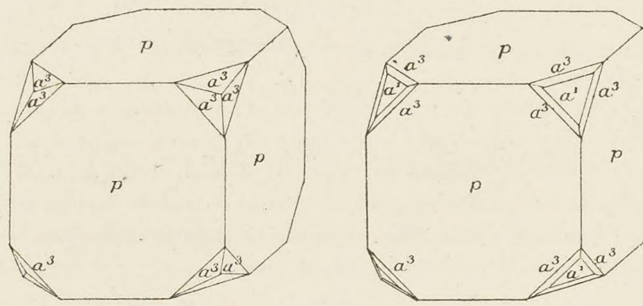


Fig. 132 et 133. — Thorianite de la région de Betroka.

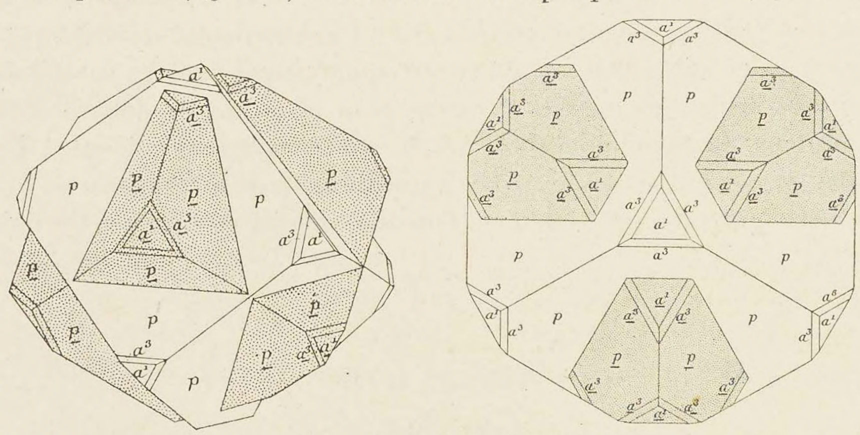


Fig. 134 et 135. — Thorianite de la région de Betroka.
Macle par rotation autour d'un axe ternaire. La figure 135 est la projection sur une face a^1 de la figure 134.

Par analogie avec ce qui a été observé à Ceylan, le gisement originel de cette

thorianite doit être cherché dans une pegmatite. A Ceylan (Balangoda), la thorianite est accompagnée de thorite, allanite, baddeleyite, geikilite et cassitérite.

M. Pisani a fait l'analyse préliminaire suivante :

ThO^2	93,02
UO^2	4,73
Fe^2O^3	0,29
PbO	1,80
	99,84

Cette thorianite se distingue par une plus grande richesse en thorine que celle de Ceylan qui en renferme environ 71 pour 100.

GROUPE DU CORINDON

CORINDON

Al^2O^3.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique. $c = 1{,}3630$; $pp = 86°4'$; $pa^1 = 122°26'$. Macle suivant p $(10\bar{1}1)$, souvent polysynthétique, accompagnée de plans de séparation ; des plans analogues s'observent aussi suivant a^1 (0001). Cassure inégale à conchoïde.

Dureté. 9. *Densité*. 3,95 à 4,1.

Propriétés optiques. Coloration très variée : incolore, gris, jaune, bleu (saphir), rouge (rubis), violet vert, brun ; le pigment coloré est en général réparti irrégulièrement.

Uniaxe et optiquement négatif. $n_g = 1{,}7675$; $n_p = 1{,}7593$. Les faces a^1 montrent fréquemment le phénomène de l'astérisme, le plus souvent dû à des réflexions sur les plans de séparation p. Fréquentes anomalies optiques. Polychroïsme fort net, avec maximum suivant n_g.

Propriétés chimiques. Le corindon est de l'alumine pure ; sa coloration est due à des traces d'oxydes métalliques ou à des inclusions.

Infusible ; inattaquable par les acides et les alcalis.

Diagnostic. La forme, la dureté et la densité, la résistance aux agents chimiques sont les caractères distinctifs du corindon.

GISEMENTS

Le corindon se présente à Madagascar sous deux aspects différents et d'un intérêt économique inégal : 1° en énormes cristaux pierreux et opaques, et en

masses grenues, qui s'exploitent à la tonne pour l'industrie des abrasifs ; 2° en cristaux de très petite taille, mais souvent transparents et alors utilisables comme gemmes. Seul le gisement en place des premiers est connu avec exactitude.

1° *Corindon opaque.*
Schistes cristallins en contact avec le granite et granite endomorphisé.

J'ai montré [49] qu'à Madagascar le corindon pierreux provient des micaschites métamorphisés par le granite, ainsi que des veinules granitiques endomorphisées et plus ou moins dépourvues de quartz qui injectent ceux-ci : la sillimanite est un satellite habituel du corindon dans ces types de gisement. Pratiquement, c'est à la surface du sol, dans les éluvions de ces micaschistes ou dans les

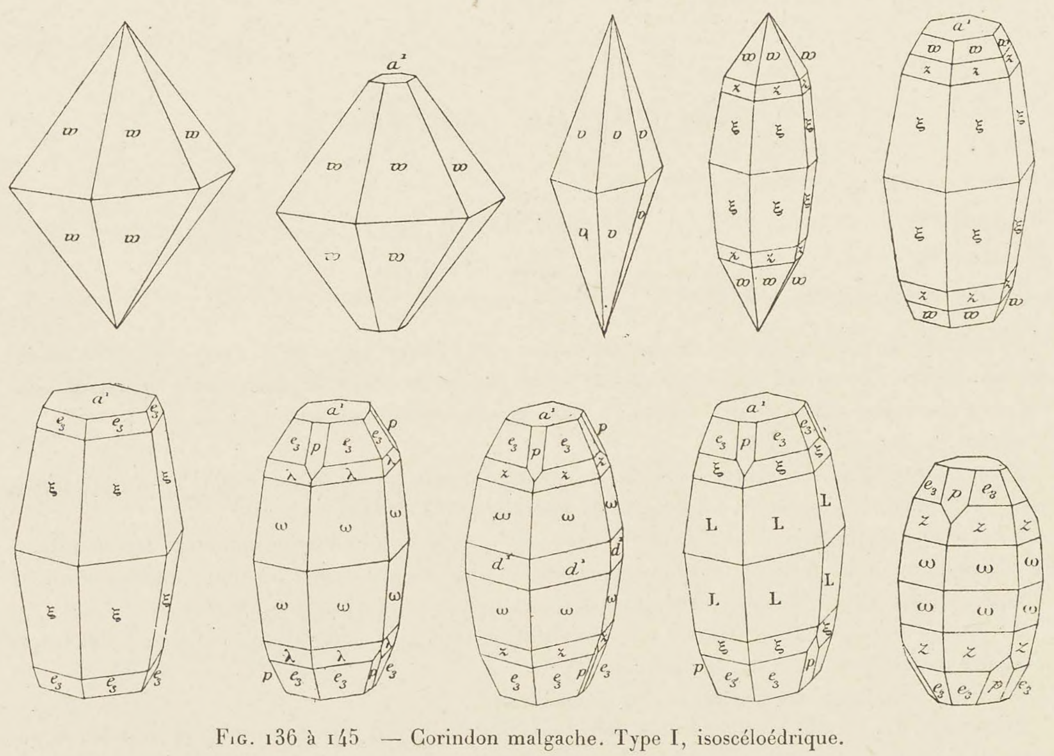
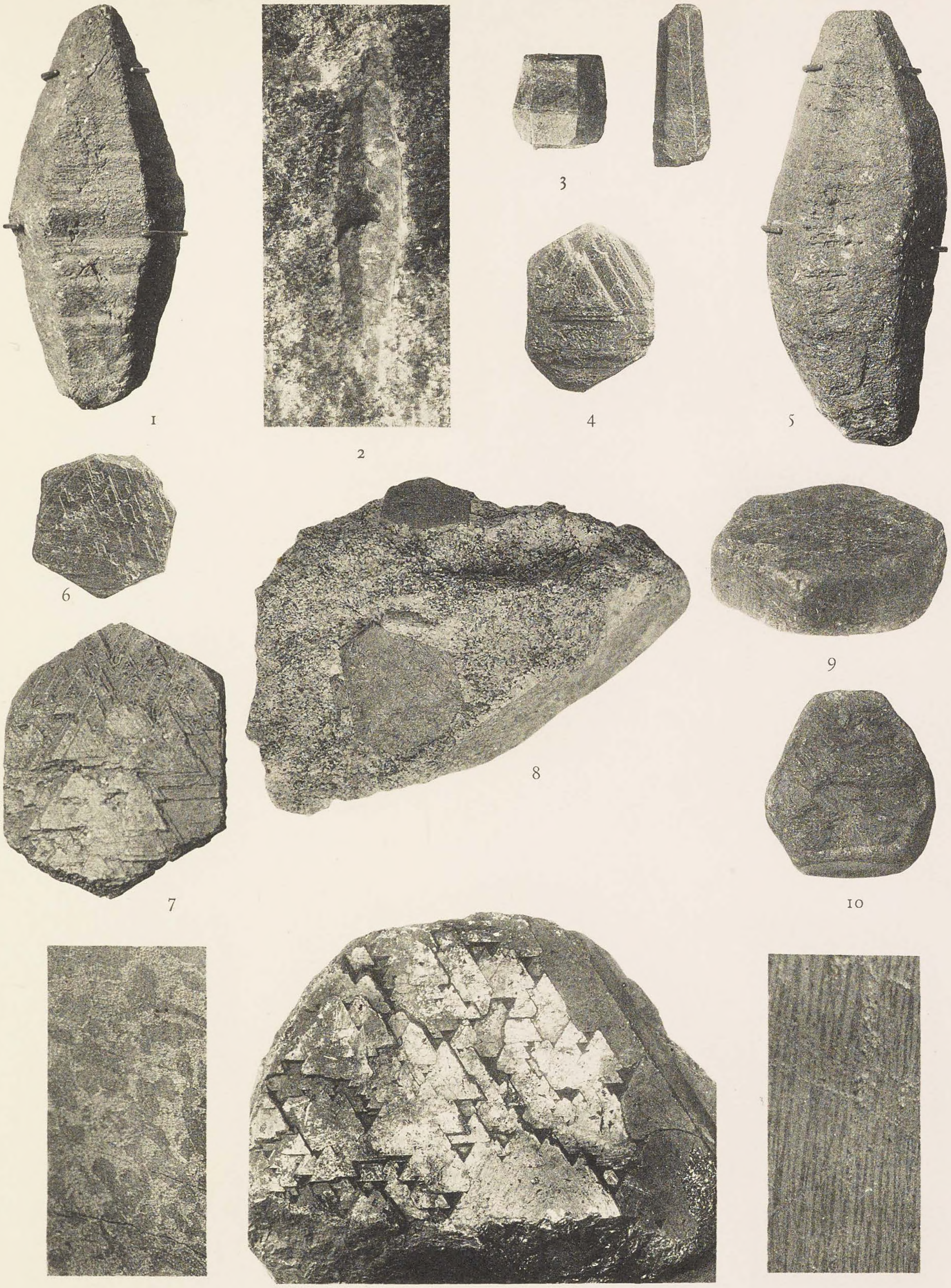


Fig. 136 à 145 — Corindon malgache. Type I, isoscéloédrique.

alluvions formées à leurs dépens, que le corindon est exploité. Ce mode de gisement est fort intéressant, car les gisements étrangers (Oural, Canada, Kashmir, etc.), qui fournissent des cristaux de corindons comparables au point de vue cristallographique à ceux de Madagascar, se trouvent dans des conditions géologiques



Clichés Cintract et Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Corindon ; Région de Vatondrangy (fig. 1 et 5) ; Anjomakely (fig. 2) ; Lakato (fig. 9) ; Ambatovory (fig. 4 et 6) ; Ambodilaingo (fig. 3) ; Ambodilaza (fig. 7 et 8) ; Ifempina (bordure de sillimanite) (fig. 10). — *Hématite ;* Itorendrika (fig. 12). — *Perthite* de *crichtonite* et d'*hématite ;* Andongovato (fig. 11 et 13).

A. Challamel, éditeur

différentes, dans des roches éruptives (syénites, syénites néphéliniques, anorthosites, pegmatites granitiques, etc.).

Dans les très nombreux cristaux de corindon que j'ai étudiés, il est possible de distinguer deux types principaux.

Type I. Ce type est isoscéloédrique (Pl. 10, fig. 1 à 3); les isoscéloèdres sont plus ou moins aigus: ceux que j'ai pu définir sont les suivants: e_3 $(22\bar{4}3)$, ω $(14.14.\overline{28}.3)$, θ $(8.8.\overline{16}.3)$, λ $(7.7.\overline{14}.3)$, z $(22\bar{4}1)$, v $(44\bar{8}3)$] ; ils sont seuls ou plus souvent associés entre eux, accompagnés ou non par une petite face a^1 (0001) et plus rarement par des facettes p $(10\bar{1}1)$. M. Ungemach a signalé [106] d'autres isoscéloèdres $(33\bar{6}1)$, u $(11.11.\overline{22}.6)$, $(5.5.\overline{10}.3)$, $(10.10.\overline{20}.3)$ et le scalénoèdre $d^{2/3}$ $(32\bar{5}1)$ (fig. 146) formant de petites facettes entre θ et p. Les figures 136 à 146 reproduisent quelques-unes des combinaisons de ces diverses formes qui se compliquent souvent par suite de l'irrégularité de développement de certaines de leurs faces et par l'empilement à axes parallèles d'un grand nombre d'individus, empilement qui détermine des gouttières parallèles aux contours de la face a^1 (fig. 147) ; dans les cristaux d'Ambodilaingo, il n'existe parfois qu'une seule gouttière, placée exactement au milieu du groupement, il ne semble pas que ce soit là des macles par rotation suivant l'axe ternaire, comme dans l'hématite, car les faces a^1 des deux extrémités de ces cristaux complexes présentent toujours la même disposition de leurs stries triangulaires; il est vrai que l'on pourrait imaginer que la macle consiste dans l'introduction d'une fine lame hémitrope, entre deux individus accolés, mais la démonstration de l'existence de semblables lames n'a pu être faite. La figure 148, empruntée à M. Ungemach, montre un cristal d'Ambodilaingo de ce type supportant, sur l'une de ses bases, un petit rhomboèdre p en position parallèle.

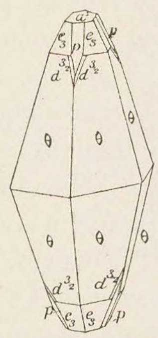


Fig. 146. — Corindon d'Ambodilaingo.

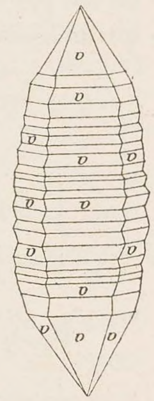


Fig. 147. — Corindon. Empilement d'isoscéloèdres.

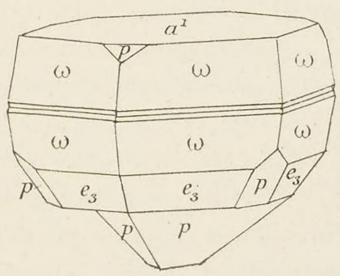


Fig. 148. — Corindon d'Ambodilaingo. Groupement à axes parallèles de cristaux de formes différentes.

Ce type isoscéloédrique, comparable à celui des cristaux de l'Oural, du Canada, du Kashmir, etc., constitue exclusivement les très grands cristaux; ceux-ci peuvent arriver à peser plusieurs kilogrammes.

Type II. Un second type est caractérisé par l'association du prisme d^1 $(11\bar{2}0)$, à une large base, auxquels peuvent s'adjoindre des isoscéloèdres, parmi lesquels e_3 est le plus fréquent ; $(10.10.\overline{20}.3)$ est aussi à signaler à Ambodilaingo, ainsi que le rhomboèdre p. Ces cristaux à facies prismatique sont, soit un peu allongés suivant c (fig. 149), soit très aplatis suivant la base (fig. 150 et Pl. 10, fig. 8 à 10) et alors réduits à a^1 d^1 comme faces essentielles. Tel est le cas d'un cristal provenant de Rafanjaka (Nord-Ouest de Vatondrangy) que j'ai examiné et qui mesure 8 centimètres de diamètre avec seulement 7 millimètres d'épaisseur :

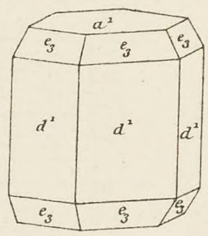


Fig. 149. — Corindon. Type II.

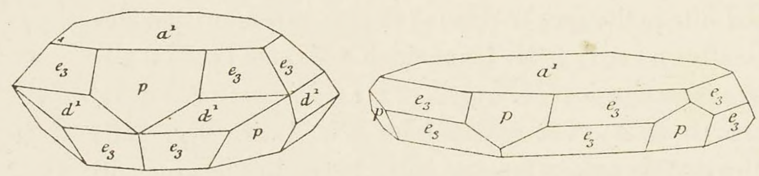


Fig. 150 et 151. — Corindon d'Ambatovory.

c'est aussi la forme des beaux cristaux rouges et violacés d'Ambodilaza (Pl. 10, fig. 7 et 8).

Une variante de ce type est réalisée dans des cristaux assez aplatis suivant a^1, avec réduction de d^1 et développement un peu plus considérable de e_3 (fig. 150) : assez rarement le prisme disparaît complètement (fig. 151).

La base de tous les cristaux de corindon malgache porte très fréquemment des stries ou des figures triangulaires, en relief, limitées par p (Pl. 10, fig. 4, 6, 7). Les plans de séparation suivant a^1 et ceux suivant p (accompagnés de macles) sont très fréquents ; il en est de même pour les phénomènes d'astérisme.

La couleur la plus habituelle est le gris ou le rosé.

Micaschistes. — Les cristaux engagés dans des roches riches en mica ont des faces rugueuses, incrustées de biotite ou de muscovite, minéraux qui existent aussi à l'état d'inclusions, associés à de la magnétite, et enfin à de la pyrite, ce qui explique que les échantillons recueillis aux affleurements sont souvent souillés de limonite secondaire.

Dans quelques gisements (Ifempina, etc.), j'ai observé des pseudomorphoses partielles de corindon en sillimanite. Les fibres de ce minéral sont implantées perpendiculairement aux faces isoscéloédriques, de telle sorte que sur une cassure, les cristaux de corindon apparaissent comme entourés par une enveloppe blanche

fibreuse (Pl. 10, fig. 10). Ces échantillons sont identiques à ceux de Mineral Hill (Delaware C°, Pensylvanie), jadis décrits par Genth[1].

Voici les principaux gisements fournissant des corindons pierreux de micaschistes ; on peut les diviser en divers groupes.

Ceux que j'ai visités se trouvent au Sud-Est d'Antsirabe ; Anjomakely (cristaux dans les micaschistes (Pl. 10, fig. 2) et dans des veines feldspathiques) ; Ankazondrano (aux affleurements, les cristaux font saillie à la surface du micaschiste et ont une teinte lilacée ; à l'inverse de ce qui a lieu dans le gisement précédent et dans les suivants, les cristaux appartiennent au type prismatique); environs d'Ambatomitety (Andriabehatona, Analamitohy, Nord du Vintona) ; Vohitrambo ; environs de Bilisy (Ialasola, Beronono, Ramaitso) ; environs d'Ambohimanarivo (Fadiorano, Ambinanindrano, Ampiadiomby, Tsianihana, Behena) ; Ambohimilemaka (cristaux cerclés de sillimanite) ; Bemasoandro ; Vatondrangy et, plus au Nord-Ouest, Rafanjaka (cristaux très aplatis).

Plus au Nord, un groupe de gisements se trouve au voisinage de Tsinjoarivo : Analambato et Antsofimbato, à l'Ouest; les environs de Belanitra au Sud; entre Amparihimena et le mont Vohitrakanga à l'Ouest d'Andranofito (gisement important) ; le mont Antandrokomby au Sud d'Andramasina.

Dans la région de Tananarive : 2 kilomètres Nord-Est de la capitale (isoscéloèdres gris ou rosés) ; Ambohimandroso, à l'Ouest d'Ambohidrabiby.

Roches feldspathiques. — Dans les roches feldspathiques, endomorphes, qui seront décrites en détail dans le tome II, les cristaux sont plus purs que dans les micaschistes, leurs faces plus ou moins planes et parfois éclatantes (Anjomakely) ; j'en ai vu de gris, de roses, de rouges et de violacés ; ils sont parfois translucides.

C'est ainsi que dans la région de Beforona, près de Fanovana, le corindon rouge (fig. 152) ou bleuâtre (type isoscéloédrique basé) se trouve, avec sillimanite et plus rarement disthène, dans du microcline grenu, associé parfois à de la biotite. C'est de roches granitiques endomorphisées analogues que doivent provenir les cristaux de corindon recueillis à l'état isolé dans les localités suivantes : Sahavorovoko près Anosibe ; Tsingilo, entre Moramanga et Ambatondrazaka (gros cristaux rosés dépourvus de mica) ; Masse [beaux cristaux bleus et rosés (fig. 149 avec en outre *p*, et fig. 152)] ; les environs de Beforona (Lakato et Ambodilaingo), cristaux rouges

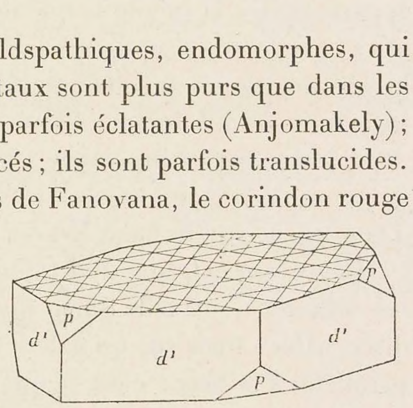


Fig. 152. — Corindon. Type II. Région de Fanovana.

1. *Amer. Philos. Soc.*, t. XIII, 1873, 378.

translucides (avec le corindon grenu décrit plus loin) ayant des faces planes ; ils sont parfois adhérents à du microcline blanc, ce qui prouve bien qu'ils proviennent d'une roche feldspathique et non d'un micaschiste.

Un gisement remarquable par la beauté de ses cristaux d'un rouge violacé (type II, très aplatis) qui sont engagés dans une pegmatite à grenat, biotite, muscovite, et dans un syénite endomorphe à orthose nacrée, vient d'être trouvé à environ 10 kilomètres Sud-Sud-Ouest du village d'Ambodilaza, situé lui-même à 6 kilomètres Ouest-Sud-Ouest de Tamatave ; dans le gneiss, le corindon se trouve en phénoblastes atteignant 4 centimètres (Pl. 10, fig. 8) et en petits cristaux de même forme régulièrement distribués dans le feldspath, avec aiguilles de sillimanite. La figure 7 de la planche 10 montre la structure complexe de ces cristaux, grands et petits.

Éluvions et alluvions.

Voici maintenant, comme exemples, un certain nombre de gisements — leur nombre pourrait être multiplié — dans lesquels, à ma connaissance, le corindon n'a été rencontré jusqu'ici que dans des éluvions ou dans le lit des rivières, mais je suppose qu'il provient de gisements analogues aux précédents, car ses cristaux sont identiques à ceux que j'ai recueillis dans les alluvions d'Androka, sur l'Ambatomanana et qui résultent certainement de la destruction de gisements appartenant à la même bande de micaschistes qu'Anjomakely.

Ces gisements sont : rivière Manantsatrana (cristaux rouges) ; Ifempina (et dans le voisinage Ambohitrakoholahy et les rivières Manandriana et Onisena) ; Manadabo, à 35 kilomètres d'Ifanadiana ; la Sahandrambo, affluent du Fanantara ; Ambalavia, sur l'Ampoasary ; région de Marolambo ; la Saka, affluent du Mananjary (avec disthène) ; région de Vatomandry (gros cristaux gris, rouges, ou rosés) ; Tsarafasina, sur le flanc Est du Fody (vallée du Mangoro).

Malgré son extrême dureté, le corindon est parfois complètement arrondi dans ces alluvions, de telle sorte que ses cristaux ne présentent plus aucune forme discernable, mais sur les galets mouillés, on voit miroiter les plans de séparation parallèles à la base ; c'est ce qui a lieu particulièrement à Ifempina où j'ai vu des galets de ce genre parfaitement arrondis, ayant la grosseur du poing.

Il me reste à parler d'un dernier gisement : Ambatovory, près Anosibe, dans le district de Vatomandry, où l'on trouve des cristaux jaunes, très brillants, du type II, aplatis, avec e_3 souvent assez développée qui sont remarquablement purs (fig. 150 et 151). Il est vraisemblable qu'ils proviennent de pegmatites ; sur quelques-uns d'entre eux, j'ai vu en effet des paillettes de muscovite et des traces de microcline.

Roches à corindon.

Pour terminer ce qui concerne les gisements de corindon, je signalerai l'existence de ce minéral en cristaux fendillés et facilement clivables, jaunâtres, sans formes géométriques, au milieu de la magnétite d'un filon de quartz à tourmaline, traversant les gneiss à Ampasimainty, au Sud de Betroka. Ces cristaux sont accompagnés d'un peu de sillimanite et de spinelle.

M. Perrier de la Bathie m'a envoyé récemment des blocs recueillis au Sud d'Ambohimasina (Sud de Betafo) et constitués par de la muscovite en petites lames, englobant des grains de corindon blanc de quelques centimètres de diamètre ; ils sont très purs, mais, contrairemeut à tous les précédents, ils n'ont pas de formes géométriques distinctes.

On trouvera dans le chapitre de *Lithologie* la description d'une roche noire, comparable à l'émeri, provenant de Laondany.

Enfin, il me faut signaler la roche qui sera décrite sous le nom de *corindonite* et qui est exclusivement constituée par du corindon, finement grenu, rosé, tantôt associé çà et là à un peu de muscovite, de spinelle, de tourmaline et de sillimanite (Ambodilaingo et Fanovana, près Beforona ; région de Vatomandry ; Saka), tantôt à gros grain, montrant nettement les plans de séparation des cristaux constituants, qui ont de 4 à 5 millimètres de diamètre (1 kilomètre Est d'Antohidrano sur la rive droite de la Sahanangary, affluent de droite de l'Ivoloina ; Nord-Ouest d'Ambalakondro, sur l'Ivolovaina, autre affluent du même fleuve).

En terminant, j'indiquerai une roche à gros éléments d'interprétation indécise, trouvée en place à Antohidrano, qui est constituée par du pléonaste et du clinochlore englobant des cristaux de corindon gris (avec taches d'un bleu saphir), avec un peu de pyrite oxydée aux affleurements ; elle rappelle celle qui forme des veines dans certains dunites de la Caroline du Nord.

2° *Corindon transparent.*

Ces cristaux de corindon sont toujours trouvés, isolés de toute gangue, dans des alluvions ou dans des scories basaltiques ; il n'est pas possible de préciser leur origine exacte : il semble que certains d'entre eux peuvent provenir de *calcaires cristallins,* car j'ai trouvé de petits cristaux de corindon rosé ou bleuâtre dans ceux d'Ampanihy et j'ai examiné un prisme hexagonal basé, rose, de 5 millimètres de diamètre recueilli à la surface de cipolins dans la région de Benenitra ; mais il me

paraît vraisemblable que le plus grand nombre de ces pierres proviennent de gisements analogues à ceux qui viennent d'être décrits et surtout des veines de roches feldspathiques endomorphisées. Cette opinion peut s'appuyer en particulier sur la considération des cristaux d'Ambodilaingo décrits plus haut. L'examen des cristaux recueillis en place à Ambodilaza et dans la région de Beforona conduit aussi à la même conclusion.

Dans une partie des régions qui vont être énumérées plus loin, certaines alluvions, comme celles d'Ifempina, renferment, associés, des corindons pierreux et d'autres transparents, et l'examen microscopique fait voir que les micaschistes à gros isoscéloèdres de corindon, de même que les roches endomorphes d'Ambodilaza et de Fanovana en contiennent, parfois d'autres de plus petite taille et même de microscopiques. Je dois reconnaître cependant que j'ai vu dans les divers gisements de corindon que j'ai visités et aussi dans les dépôts des prospecteurs d'Antsirabe un grand nombre de tonnes de corindon lavé, j'ai brisé beaucoup de cristaux sans y trouver de portions transparentes ; mais il me semble possible qu'un jour ou l'autre on en rencontrera qui présenteront cette particularité, comme cela a lieu dans certains gisements américains.

Quelques gisements, tels ceux de la région de Mahanoro dont les corindons sont extrêmement roulés, fournissent des pierres des couleurs les plus variées : bleu pâle, vert clair ou rosé ; il en est de même pour les alluvions de la Belambo, contenant des spinelles et des corindons dont la couleur est identique. On connaît aussi des cristaux d'un rouge qui rappelle celui du rubis de Siam, mais la couleur la plus fréquente est le bleu saphir foncé, si foncé même que souvent les cristaux sont opaques.

Les cristaux de corindon de tous ces gisements appartiennent au type prismatique ou isoscéloédrique basé [$(11 . 11 . \overline{22} . 3)$ dominant, avec ξ $(22\bar{4}1)$ et w $(11\bar{2}1)$, accessoires dans la région du Vontovorona ; ξ, e_3 dans l'Ankaratra]. En général ils ne possèdent pas de plans de séparation, les cristaux mesurent jusqu'à 1 centimètre de plus grande dimension et offrent l'identité la plus complète avec ceux qui, dans le Velay, se trouvent dans les mêmes conditions géologiques. C'est un échantillon de ce genre, de provenance précise inconnue, qui a été signalé pour la première fois par Jannettaz en 1891 [23].

Alluvions d'origine granitique et gneissique. — Voici énumérés quelques gisements : au Nord de Tananarive, les environs d'Ambohidrabiby (rubis et saphir) ; au Sud de Tsinjoarivo, la forêt de Betsatsaka ; au Sud-Ouest d'Ambalaranoakarina près Morarano (5 kilomètres Nord-Ouest du mont Botrara ; c'est ce gisement

qui a été le premier prospecté pour le rubis en 1904) (avec almandin de couleur analogue); le Sud d'Andranofito (rubis); les environs de Inanatonana et l'Ouest de Ramainandro (saphir); plusieurs ruisseaux, affluents du lac de Vinaninony; Sandranapana, au pied Ouest du mont Vohimirafy; Tsarafasina, près du mont Fody (environs d'Anjiro) (cristaux gris brunâtres, translucides); région de Vatomandry; Bedinta à l'Est d'Ihosy; la région de Benenitra, etc. Une mention spéciale est due à Ifempina, où l'on trouve avec corindon pierreux, topaze, cymophane, quelques petits rubis et de jolis isoscéloèdres transparents de saphir.

Projections et alluvions basaltiques. — Ce type de gisement est celui dont il a été question page 237, au sujet du zircon; le corindon, généralement d'un bleu très foncé, y existe toujours en quantité moins importante que ce minéral.

Dans les scories basaltiques du massif d'Ambre (lac Mahery), en particulier, les cristaux de saphir sont assez gros, mais peu abondants; à Nosy Mitsio, j'ai observé un fragment d'un grand cristal présentant exceptionnellement des plans de séparation.

C'est surtout dans l'Ankaratra et particulièrement dans sa partie Sud-Est que se trouvent les gisements dont l'exploitation a été tentée: Andranomadio près de Kianjanakanga et non loin de là, Andriankely (avec quelques jolis rubis); puis entre Ianaborona et Ampitantafika. On peut citer encore; Vohimena, Ambatotsipihina, Maroparasy, Sambaina, Ambohimandroso, Ambohibetazana, Ambatongoaika, Tamponkalamita (près Tsaramody); il faut ajouter en outre les alentours du mont Vontovorona (notamment Ambohikely et Ambolotara, à environ 5 kilomètres au Nord du piton) (saphir de couleur moins foncée que dans les gisements précédents); les environs du Iankiana.

HÉMATITE

Fe^2O^3.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique. $c = 1,36557$; $pp = 86°$. Macles suivant l'axe ternaire par accolement ou par pénétration; plus rarement macle suivant p $(10\bar{1}1)$ se traduisant le plus souvent par la production de plans de séparation parallèles à p, comme dans le corindon. Il existe parfois aussi des plans de séparation suivant a^1 (0001). Cassure irrégulière à conchoïde. Forme des cristaux, des masses compactes, fibreuses ou terreuses.

Dureté. 5,5 à 6,5. *Densité.* 5,25, s'abaissant parfois au-dessous de 4,5 dans les variétés terreuses.

Propriétés optiques. Gris d'acier à noir de fer, quelquefois noir bleuâtre; rouge dans les variétés fibreuses ou terreuses. Poussière rouge cerise à brun rouge. Eclat métallique quelquefois éclatant, surtout sur la base dont les faces peuvent être extrêmement réfléchissantes (*hématite spéculaire*). Opaque, sauf en écailles très minces.

Uniaxe et optiquement négative.

Propriétés magnétiques. Quelquefois un peu magnétique et même magnétipolaire (inclusions de magnétite).

Propriétés chimiques. La formule Fe^2O^3 correspond à Fe 70 ; O 30. Il existe parfois un peu de titane).

Infusible au chalumeau. Au feu réducteur, se transforme en magnétite et devient très magnétique.

Soluble dans l'acide chlorhydrique.

Diagnostic. La poussière rouge, la solubilité plus facile dans l'acide chlorhydrique, l'absence ou la faiblesse de la réaction du titane constituent le diagnostic d'avec l'ilménite. La forme différente, la poussière rouge et l'absence de magnétisme intense permettent de distinguer l'hématite de la magnétite.

GISEMENTS

Roches granitiques ou syénitiques et filons de quartz associés.

L'une des particularités de la minéralogie de la région ancienne de l'île réside dans l'abondance de l'hématite, liée à la genèse des granites et des syénites. Dans cette catégorie de gisement, elle se présente en cristaux aplatis suivant la base et souvent même en cristaux spéculaires ; c'est cette hématite qui a été prise pour du wolfram par de nombreux prospecteurs, méprise qui paraîtra singulière aux minéralogistes, mais qui a cependant été la cause de nombreuses demandes de permis de recherches.

Roches éruptives.

Pegmatites potassiques. — Dans les pegmatites elle-mêmes, des lames hexagonales d'hématite se rencontrent à Betaimby, sur la Mandraty ; des paillettes d'or leur sont quelquefois intimement associées. L'hématite se trouve aussi en abondance (en lames quelquefois gondolées avec stries triangulaires) dans des filons de quartz qui dérivent certainement des pegmatites ; ce sont surtout ces filons qui constituent le gisement originel de l'hématite si abondante dans les sables noirs de la région de Maevatanana. Elle n'est pas attirable par l'aimant, mais dévie parfois l'aiguille aimantée. M. Duparc a donné l'analyse suivante [15 *bis*] d'un échantillon ayant une densité de 5,173 : Fe^2O^3 99,63 ; TiO^2 0,83 ; FeO 0,63 ; SiO^2 0,25.

L'hématite se rencontre dans la pegmatite d'Ambatofotsikely en cristaux fragiles (jusqu'à 2 centimètres), souvent incomplets, inclus dans la muscovite ; ils englobent poecilitiquement des grains de spessartite. MM. Duparc, Sabot (1) et

1. M. Sabot a complété cette description [101], en y ajoutant les figures 1 à 5.

Wunder ont décrit [15 *bis*] les combinaisons suivantes sur ces cristaux dont les faces sont en général mauvaises.

1° Type rhomboédrique : $a^{1/2}$ $(01\bar{1}5)$, avec petites facettes e_5 $(42\bar{6}5)$ et e^2 $(10\bar{1}0)$ (fig. 153).

Tous les autres types présentent une base largement développée. Dans les types 3 à 4, il n'existe pas de faces prismatiques.

2° a^1, b^1 $(01\bar{1}2)$, $a^{1/2}$, $a^{11/2}$ $(30\bar{3}5)$, λ $(b^{1/2}\ b^{1/9}\ b^{1/3})$ $(12\bar{3}8)$, $(b^{1/27}\ b^{1/30}\ b^{1/39})$ $(3.1.\bar{4}.32)$ (fig. 154).

3° a^1, b^1, $e^{3/4}$ $(03\bar{3}2)$ (fig. 155).

4° Un type très aplati suivant la base : a^1, $a^{1/2}$, $a^{11/2}$, z $(d^{1/7}\ d^1\ b^{1/5})$ $(22\bar{4}1)$ et d^2 $(21\bar{3}1)$ (fig. 156).

5° Un type prismatique e^2, e_5, a^1 (fig. 157).

C'est dans des conditions analogues que l'hématite se trouve dans la pegmatite

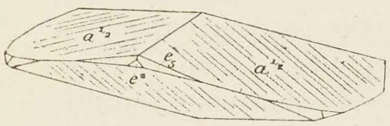


Fig. 153.

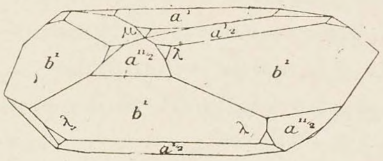


Fig. 154.

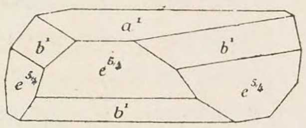


Fig. 155.

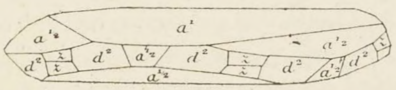


Fig. 156.

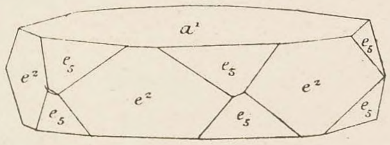


Fig. 157.

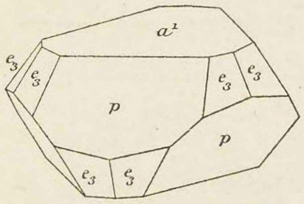


Fig. 158.

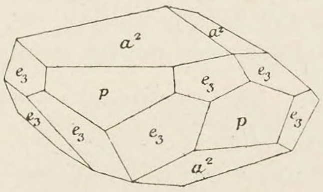


Fig. 159.

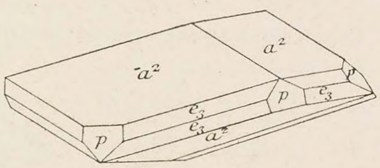


Fig. 160.

Fig. 153 à 160. — Hématite. Ambatofotsikely (fig. 153 à 157); Fiadanana (fig. 158 à 160).

du Nord de Betainakoho, à 10 kilomètres au Sud-Est d'Ambohibe (Ouest d'Inanatonana), et sur les bords de la rivière Varana, aux environs d'Andibakely.

Dans le voisinage d'Antsirabe, à Andavampanenona (2 kilomètres Ouest de Samiresy), de jolies lames d'hématite spéculaire sont libres dans la terre rouge avec des cristaux de rutile, de zircon, de magnétite, de pyrite, etc. Non loin de

là, elles se rencontrent aussi dans les mêmes conditions à Andaobatotany, à Maromaingoka, à Samiresy, associées à la samiresite, l'euxénite, etc.

Des druses tapissées de cristaux de quartz, d'hématite en très petits cristaux rappelant ceux de l'île d'Elbe (p, e_3, a^2) (fig. 158 et 159) avec parfois a^1 (fig. 159), de rutile en aiguilles dorées, libres ou englobées dans le quartz et enfin de sphène, se trouvent dans les pegmatites de Fiadanana et de Besesika près du Kitsamby ; c'est à une formation pneumatolytique du même ordre qu'il faut rapporter un échantillon qui m'a été donné à Betafo comme provenant des environs de cette ville et qui consiste en un morceau de quartz englobant un large cristal d'hématite spéculaire sur lequel sont régulièrement orientés des cristaux de rutile ; ce groupement rappelle ceux de l'*eisenrose* du Valais.

Pegmatites syénitiques à ægyrine et torendrikite. — Les pegmatites syénitiques à ægyrine, torendrikite, bastnaésite et tscheffkinite de la région Ifasina-Itorendrika renferment des cristaux d'hématite remarquables à la fois par leur forme, par l'éclat de leurs faces et par leurs grandes dimensions (jusqu'à 10 centimètres de diamètre). Ils sont recueillis libres dans la terre rouge et plus rarement (Ambahy) adhérents aux autres minéraux de la pegmatite ; parfois ils sont recouverts par une seconde génération de cristaux spéculaires plus petits qui forment aussi des masses à structure miarolitique.

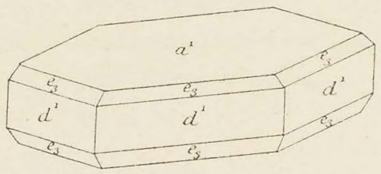


Fig. 161. — Hématite d'Itorendrika. Type prismatique.

Ceux que j'ai étudiés consistent en prismes d^1 $(11\bar{2}0)$ basés, associés à e_3 (fig. 161) et parfois $e_{1/3}$ (fig. 163) ; ces cristaux sont souvent maclés par rotation autour de l'axe ternaire et il n'est possible de s'en apercevoir que grâce à de petites gouttières, quand il existe des facettes p (fig. 162 et 163) ; j'ai observé un fragment d'un énorme cristal à faces brillantes dont la base est constituée par un très grand nombre de faces triangulaires a^1 (bordées par p) de cristaux plus petits, placés sensiblement sur le même plan (Pl. 10, fig. 12).

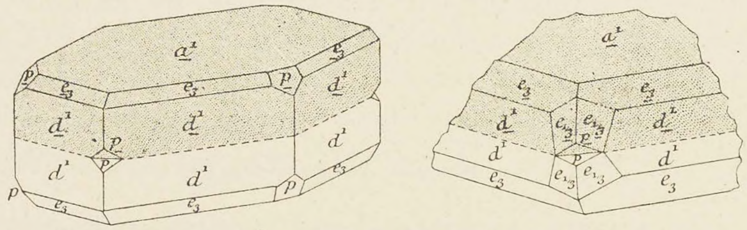


Fig. 162 et 163. — Hématite d'Itorendrika. Macle suivant a^1.

Enfin M. Ungemach a décrit [106] des cristaux très éclatants, mesurant

15 millimètres sur 2 ou 3 d'épaisseur, dans lesquels dominent tantôt p et tantôt e_3 ; la base est prédominante ; il existe fréquemment de petites facettes d^2, b^1 $(01\bar{1}2)$ et un scalénoèdre à faces ondulées de la zone $p\ e_3$ qui paraît être e_{12} (11. 2. 13. 12). Les macles suivant a^1 sont fréquentes (fig. 164). La figure 165, donnée par le même auteur, représente un groupement de gros cristaux.

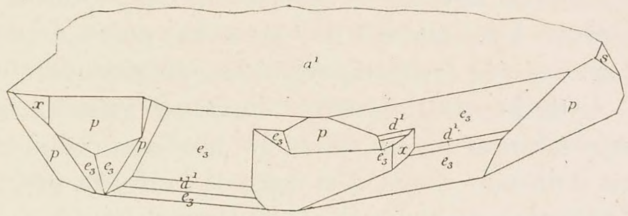


FIG. 164. — Hématite d'Itorendrika.

Certains cristaux, très aplatis, d'Ambahy (associés à la bastnaésite) et des autres localités de la rive droite de l'Imorona supportent des cristaux rouges de rutile régulièrement orientés sur eux ; ils en renferment aussi à l'état d'inclusions qui paraissent orientées parallèlement à leur base ; il n'est pas douteux qu'originellement, il y ait eu là des groupements à axes parallèles d'hématite et d'ilménite, plus tard transformées en rutile comme dans les cristaux de magnétite du même gisement qui seront décrits plus loin.

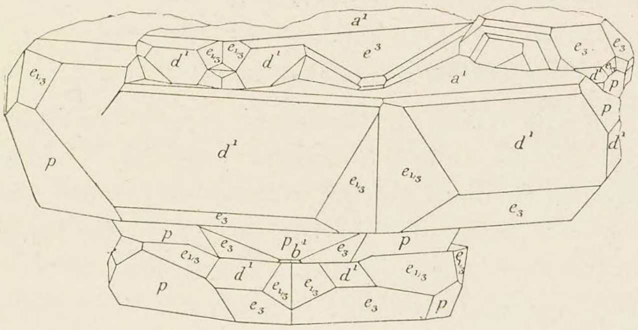


FIG. 165. — Hématite d'Itorendrika. Macle suivant a^1 complexe.

De gros cristaux identiques aux précédents, associés à de la bastnaésite, m'ont été donnés comme ayant été recueillis au mont Marotampona sur la rive droite de la Mania.

C'est de ce genre de gisement ou du suivant que proviennent de fort jolis cristaux (pa^1e_3) d'hématite spéculaire (fig. 166) recueillis à l'état isolés dans la terre rouge, par M. Auclair, à 1 kilomètre au Nord-Ouest d'Ambahy, certains d'entre eux enveloppent poecilitiquement une grande quantité de cristaux d'albite. Enfin j'ai vu des cristaux analogues provenant de la même région et qui sont associés à des aiguilles de rutile et à des cristaux de quartz dans des agrégats miarolitiques de lamelles de muscovite.

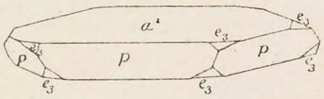


FIG. 166. — Hématite spéculaire d'Ambahy.

Aplites syénitiques. — Un gisement remarquable d'hématite, formée par action pneumatolytique, se trouve au Nord-Ouest d'Ambatofinandrahana, à 6 kilo-

mètres Ouest du village d'Andohatsindra et au Nord-Ouest du village fortifié de Tsilomby.

L'hématite est implantée sur les parois des fentes d'une aplite potassique syénitique formant un filon dans les calcaires cristallins. Cette hématite est associée à des cristaux de tourmaline noire, de microcline et de muscovite ; tous ces minéraux forment parfois des agrégats miarolitiques.

Cette hématite constitue de grands cristaux très épais, d'un noir bleuâtre, à aspect comme moiré, mesurant plusieurs centimètres de diamètre ; leur poussière est d'un noir rouge. J'ai constaté [146] qu'attaqués par HCl, ils ne donnent pas la réaction du titane, mais ils laissent un résidu très important, blanc, de rutile se présentant sous une forme insolite : ce rutile constitue en effet au milieu de l'hématite un réseau cristallin extraordinairement fin, que met en évidence l'examen microscopique des lames minces, après que celles-ci ont été débarrassées par l'acide chlorhydrique de tout l'oxyde de fer.

Filons quartzeux.

Au Sud-Ouest de Vohémar, dans la région des mines de cuivre d'Androta, abondent des filons quartzeux, analogues à ceux de Maevatanana (page 256) ; comme eux, ils renferment quelquefois un peu de microcline qui indique leur parenté avec les pegmatites. L'hématite y forme soit des masses d'un noir de fer, soit des lames de plusieurs centimètres de diamètre et de quelques millimètres d'épaisseur d'un gris un peu bleuâtre. Cette variété spéculaire présente toujours des stries triangulaires sur la base. Dans des cavités, j'ai pu isoler quelques cristaux distincts présentant les combinaisons suivantes : a^1, p, e_3 ou bien (fig. 167 et 168) a^1 (0001),

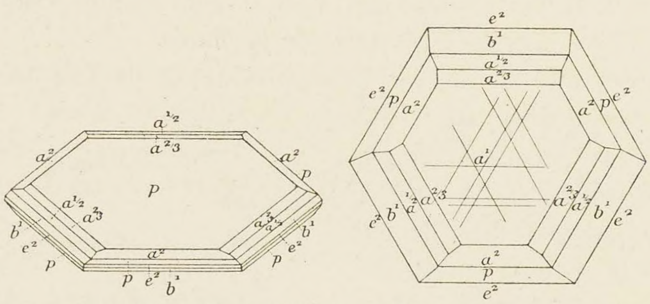


Fig. 167 et 168. — Hématite spéculaire d'Androta. La figure 168 est la projection sur la base de la figure 167.

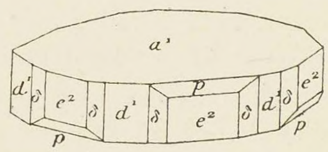


Fig. 169. — Hématite d'Androta. Type prismatique.

e^2 $(10\bar{1}0)$, a^2 $(10\bar{1}4)$, b^1 $(01\bar{1}2)$, $a^{1/2}$ $(01\bar{1}5)$, $a^{2/3}$ $(01\bar{1}8)$, e^1 $(02\bar{2}1)$. Enfin, plus rarement, les cristaux offrent un développement prismatique représenté par la figure 169, et caractérisé par les formes a^1, e^2, d^1, avec le prisme δ $(21\bar{3}0)$ et p.

Cette hématite est quelquefois associée à de petits cristaux plus ou moins transparents de sphène, jaune de soufre. Ces mêmes filons de quartz renferment des géodes tapissées de cristaux d'épidote, d'albite et de quartz.

Dans la même région, près d'Andranovato a été trouvé un bloc de 5 kilogrammes d'hématite micacée se clivant en lames de 7 à 8 centimètres de diamètre. Je n'ai pas de renseignements sur son mode de gisement, pas plus que sur celui d'une hématite micacée, recueillie par M. Florens à 30 kilomètres Ouest de Miakanjovato sur la rive gauche de la Betsiboka ; dans des cavités se voient de petits cristaux du type de l'île d'Elbe (fig. 158 et 159).

Des veines de quartz, avec magnétite compacte et cristaux spéculaires de magnétite, ont été rencontrées au mont Ikaky près Anjanabonoina.

Roches métamorphiques.

A Ambohipaka, dans l'Ambongo, des quartzites à magnétite sont associés à des quartzites renfermant des lames d'hématite de 2 à 5 millimètres de diamètre qui, toutes, présentent sur leur base des stries triangulaires très nettes.

Je dois à M. Perrier de la Bathie un échantillon d'un quartzite schisteux à hématite micacée, rappelant l'*itabirite* du Brésil ; il provient des environs de Mandro, où il accompagne des quartzites et des roches à magnétite en relation avec une amphibolite (voir tome II à Minerais de fer). Enfin, j'ai étudié un échantillon analogue presque dépourvu de quartz, recueilli à Voanana, près Ambatofangehana.

M. Decary m'a remis un échantillon d'hématite micacée provenant de Betioky, sur le Manambovo, dans une région gneissique.

Je n'ai pas de précision sur de beaux blocs d'hématite qui ont été recueillis par des indigènes dans la région d'Itremo, les uns sont constitués par de l'hématite en lames orientées dans une même direction, les autres par des masses fragiles résultant de l'enchevêtrement de cristaux aplatis suivant la base et quelquefois bordés par des faces *p*.

Altération de la magnétite, de la pyrite. — Partout où il existe de la magnétite à Madagascar, celle-ci, aux affleurements, peut être transformée en hématite ; c'est ce qui a été appelé la *martite*. Ces pseudomorphoses expliquent pourquoi tant d'octaèdres recueillis dans la terre rouge sont peu magnétiques ou ne le sont plus du tout. Dans ce cas, leur poussière est rouge, sans que pour cela l'éclat de leurs faces soit modifié. Le même fait est fréquent au Brésil.

Enfin, des pseudomorphoses de pyrite en hématite ne sont pas rares.

Terrains sédimentaires. — Terres rouges.

M. Lemoine a signalé [199] des rognons d'hématite, rouge, compacte, terreuse, dans les argiles cénomaniennes de l'isthme d'Andrakaka, à l'Est du plateau de Diego-Suarez. Il s'agit problablement là d'une limonite plus ou moins complètement déshydratée. Les pseudomorphoses de ce genre sont fréquentes un peu partout dans l'île ; elles se forment notamment aux dépens des concrétions de limonite de la terre rouge.

CRICHTONITE — ILMÉNITE

$FeTiO^3$ — $FeTiO^3.xFe^2O^3$.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique, parahémiédrique. $c = 1{,}38455$. $pp = 85°21'$. Mêmes macles que l'hématite. Plans de séparation suivant a^1. Cassure conchoïde.

Dureté. 5 à 6. *Densité.* 4,73 à 4,5.

Propriétés optiques. Noir de fer. Éclat métallique. Poussière noire à rouge brun. Opaque sauf en lames très minces et alors brun jaune.

Propriétés chimiques. La formule $FeTiO^3$ correspond à TiO^2 52,7 ; FeO 47,3 ; il existe en outre dans *l'ilménite* une quantité plus ou moins grande de Fe^2O^3 qui augmente la densité. Une partie du FeO peut être remplacée par MnO, MgO.

On verra plus loin la description de groupements réguliers de crichtonite et d'hématite ou de magnétite : c'est l'ensemble de ces minéraux de composition variée qui est désigné sous le nom vulgaire de *fers titanés*.

Au chalumeau, une esquille très mince s'arrondit sur les bords.

Beaucoup moins attaquable par l'acide chlorhydrique que l'hématite ; la solution donne avec la solution sulfurique de morphine une énergique réaction du titane (coloration rouge cramoisi foncé) ; il reste un résidu insoluble blanc de TiO^2.

Diagnostic. L'absence de magnétisme permet de distinguer ces minéraux de la titanomagnétite, l'absence du titane, de la magnétite. La moindre dureté et l'attaquabilité par les acides établit le diagnostic avec la ferropicotite (voir à hématite).

GISEMENTS

Les fers titanés sont très abondants dans les fonds de batée des alluvions aurifères ; ils proviennent de la destruction des roches les plus diverses, mais je ne les ai observés en place que dans un très petit nombre de gisements ; ils ne s'y présentent que rarement avec des formes géométriques. La crichtonite paraît être fréquente parmi ces minéraux.

Roches éruptives.

Pegmatites et filons de quartz. — Dans les pegmatites à muscovite, la crichtonite (ou l'ilménite) forme d'ordinaire des masses compactes, irrégulières, plus rarement des lames épaisses aplaties suivant la base. Voici quelques gisements comme exemple : Tongafeno, Sama, Itrongay (plans de séparation basiques extrêmement faciles); région d'Ihosy (mont Ambatofotsy) ; région de Midongy de l'Ouest; Berere.

MM. Duparc, Sabot et Wunder [15 *bis*] ont donné l'analyse suivante d'un échantillon provenant d'Ambatofotsikely) ; il était légèrement uranifère et radioactif, sans doute par suite de son mélange à un peu d'ampangabéite (densité, 4,71) : TiO^2 51,32 ; SiO^2 0,16 ; FeO 42,38 ; MnO 3,37 ; Fe^2O^3 2,10 ; U^3O^8. 0,20 = 100,53.

Dans des veinules de quartz traversant les calcaires cristallins et les gneiss d'Ankilitelo (Androy), la crichtonite forme des lames noires, aplaties suivant la base, ayant 1 ou 2 centimètres de diamètre.

M. Lamberton m'a communiqué des fragments de crichtonite assez roulés accompagnant le rutile à Fanovana (Est de Moramanga); ils atteignent 1 centimètre de diamètre; les uns sont des débris de cristaux aplatis suivant a^1 et bordés par p et $^1/_2e_3$ $(22\bar{4}3)$ (densité, 4,56); les autres, informes et plus denses (4,70) présentent seulement des plans de séparation suivant p. Du quartz adhère à certains de ces fragments indiquant de quel genre de gisement ils proviennent.

L'ilménite compacte se rencontre englobée dans un feldspath altéré près de Marorangotra, à environ 60 kilomètres à l'Est de Tananarive, au voisinage des gisements de magnétite prospectés par la Colonie[1].

Gabbros. — Les fers titanés abondent dans les gabbros. C'est probablement de roches de ce groupe que proviennent les grandes masses de fers titanés éparses à la surface du sol dans la région de la Vangoa (Betsiriry) (voir tome II, *Minerais de titane*); ils sont fort complexes, constitués soit par de la crichtonite à plans de séparation basiques, gondolés et déformés par pression (densité 4,66 du produit débarrassé par HCl de la magnétite irrégulièrement distribuée dans la masse) dont la composition est la suivante (analyse de M. Raoult) : TiO^2 51,41 ; FeO 41,59 ; FeO^3 4,69 ; MgO 1,54 ; MnO 0,19 = 99,72), soit par le mélange de ce minéral et des associations perthitiques de crichtonite et de magnétite dont il va être question plus loin.

1. Des blocs d'ilménite ont été rencontrés dans la Mandraka au-dessus d'Anjiro, leur mode de gisement m'est inconnu.

Roches volcaniques basaltiques. — L'ilménite forme fréquemment dans les basaltes de petits grains, non magnétiques, que l'on peut rencontrer en abondance dans les rivières qui descendent de l'Ankaratra. Ils se distinguent par leur absence de magnétisme du minéral décrit page 333.

Filons spéciaux.

M. Grossmann m'a signalé dans les gneiss du Nord-Ouest de Foulpointe, l'existence d'un filon ($0^m,60$ à 1 mètre de puissance) constitué par de l'ilménite compacte (40 pour 100 de TiO^2) ; je n'ai pas vu ce minéral.

Schistes cristallins.

Peut-être est-ce de gneiss basiques que proviennent des blocs compacts d'ilménite recueillis à Tsarafangitry (rive droite de la Mananara au Nord-Ouest de Vangaindrano) ; ils renferment une grande quantité de cristaux de zircon et de pseudomorphoses ferrugineuses de pyroxène (?).

Groupements perthitiques de crichtonite, d'hématite et de magnétite.

J'ai rencontré à Madagascar [92] un remarquable fer titané qui m'a conduit à mettre en évidence un mode de groupement permettant d'expliquer la composition de quelques prétendues ilménites.

Plusieurs tonnes de ce minerai ont été rencontrées à la surface des leptynites d'Androngovato, entre Itrongay et Sahaninoka, et aussi à 5 kilomètres au Nord-Ouest d'Itrongay. Sa texture est coccolitique, c'est-à-dire qu'il se divise par le choc en grains polyédriques de grosseur uniforme ($0^{cm},5$ à $1^{cm},5$ de diamètre) ; ces grains présentent une sorte de clivage imparfait et un vague aspect fibreux, dû à leur constitution hétérogène ; ils sont formés en effet par l'interpénétration, en position parallèle, de lames irrégulières de deux minéraux distincts. J'ai rencontré un échantillon brisé perpendiculairement à ce clivage et qui est resté longtemps exposé à l'air ; sa surface est comme vernissée, zébrée de jaune[1] et de noir. Si l'on taille un de ces grains dans cette même direction, perpendiculaire au clivage, et qu'on la polisse, on voit apparaître alors, même sans le secours du microscope, une alternance de lames des deux minéraux composants, tous deux noirs, mais d'un noir différent ; cette distinction peut être faite sans le secours du microscope, car

1. Ce mince enduit est constitué par de l'acide titanique, probablement un peu hydraté ; il me fait penser à l'enduit blanc jaune, signalé par C.-W. Blomstrand à la surface d'une ilménite altérée du Småland (Suède) et qu'il a appelé *hydroilménite* (*Minnesskrift Fys. Sällsk., Lund*, 1878, n° 3, p. 4).

l'un des minéraux prend mieux le poli que l'autre. Il est facile d'accentuer cette différence par une attaque à l'acide chlorhydrique froid qui laisse en relief le minéral le plus brillant. Celui-ci est de la crichtonite, le minéral attaqué est de l'hématite. Un traitement suffisamment prolongé par l'acide chlorhydrique chaud permet de mettre complètement en liberté la crichtonite dont la structure lamelleuse apparaît alors d'une façon fort nette.

Un examen plus approfondi des surfaces attaquées montre que les lamelles de crichtonite ne sont pas toutes rectilignes ni toujours absolument parallèles entre elles ; elles sont parfois légèrement gauches, comme ployées, étirées en pointe (Pl. 10, fig. 13), et ces déformations font penser à celles que l'on observe dans les roches constituées par des minéraux inégalement plastiques et qui ont été soumises à des actions mécaniques ; les roches voisines présentent d'ailleurs des déformations de cet ordre. Une section parallèle à la base montre (Pl. 10, fig. 11), elle aussi, que les lames de crichtonite ne sont pas continues dans toute l'étendue d'un même grain ; elles forment comme des taches au milieu de la magnétite. L'analyse suivante a été faite par M. Raoult sur un fragment de densité 4,96 :

TiO^2.	27,41
FeO.	23,99
MnO.	0,22
MgO.	0,25
Fe^2O^3.	47,95
	99,82

Cette composition correspond à 47,95 d'hématite et 51,87 pour 100 de crichtonite. Le même minerai forme des masses dépourvues de structure coccolitique à Ambohivory (Ambohivoro) sur la rive droite du Mananivo, au Nord-Nord-Ouest de Vangaindrano.

Les faits qui viennent d'être exposés font donc voir que *dans les cas étudiés,* contrairement aux idées admises, le sesquioxyde de fer n'existe dans le titanate ni à l'état de mélange isomorphe ni à celui de solution solide ; il constitue une association géométrique régulière, à axes parallèles, de deux minéraux différents, qui, malgré leur analogie de forme, ne constituent pas des cristaux zonés, mais des groupements qui peuvent être comparés à la *perthite* des feldspaths potassiques et de l'albite, à celle des pyroxènes monocliniques et rhombiques, à celle de la graftonite et de la triphylite, avec cette différence toutefois que les deux composants possèdent le même système cristallin.

Il sera nécessaire de rechercher dans quelle mesure une telle conclusion peut être généralisée. Les quelques cristaux d'ilménite du gisement originel de Miask,

dans l'Ilmen ($TiO^2 = 45$ à 48 pour 100) ne m'ont rien présenté de semblable ; ils semblent homogènes. Par contre, deux fers titanés d'autres gisements, moins riches en titane, m'ont fourni des résultats concordants avec ceux décrits plus haut. Dans la *washingtonite* de Litchfield (Maine), renfermant de 22 à 24 pour 100 de TiO^2, l'analogie avec le minéral malgache est très grande, sous cette réserve que les lames de crichtonite sont plus fines, plus serrées, à bords rectilignes, ce qui concorde avec l'interprétation donnée plus haut, car le minéral constitue des cristaux très réguliers qui n'ont subi aucune déformation mécanique. Dans des cristaux de Snarum (Norvège), ne renfermant que 6 à 10 pour 100 de TiO^2, les lames de crichtonite, au contraire, sont très clairsemées.

Il paraît donc probable, mais ceci demande des recherches plus complètes, que, tant que dans un fer titané rhomboédrique renfermant du sesquioxyde de fer la proportion de $FeTiO^3$ est très prédominante, il se produit des cristaux homogènes à forme de crichtonite, puis, lorsque la composition s'approche de l'égalité entre les deux composants, chacun d'eux s'individualise pour former une perthite ; dans les cas étudiés, l'édifice extérieur prend la forme de l'hématite ; la combinaison $a^1e^2d^1p$ de la washingtonite n'a jamais été trouvée, à ma connaissance, dans des fers titanés très riches en titane et, par contre, elle n'est pas rare dans l'hématite pure.

Au point de vue de la nomenclature, on pourrait, au moins provisoirement, réserver le nom d'*ilménite* aux types homogènes, et, puisque le nom existe, désigner sous la qualification de *washingtonite* les associations perthitiques qui viennent d'être décrites. Leur densité croît en raison inverse de la proportion de titane et, en même temps, leur poussière tire de plus en plus du noir franc de la crichtonite au brun rouge foncé.

Restent maintenant les fers titanés octaédriques. La structure hétérogène de *certains* d'entre eux a déjà été mise en évidence ; ceux-ci constituent des groupements de crichtonite et de magnétite ; observés d'abord sur des cristaux distincts, ils ont été retrouvés ensuite, par l'examen microscopique, dans le fer titané de roches basiques et, plus récemment, par des procédés métallographiques, dans des minerais[1]. Dans tous les cas, ces groupements se font suivant la loi observée jadis dans ceux de magnétite et de magnésioferrite ; des lames de crichtonite sont disposées parallèlement aux faces de l'octaèdre de la magnétite, de telle sorte

1. SINGEWALD, *The titaniferous iron ores in the United States, their composition and economic value* (*Bureau of Mines, Washington*, Bull. n° 64, 1913). Dans ce mémoire se trouve la bibliographie de la question sur laquelle il me paraît inutile de revenir plus longuement.

que les deux minéraux ont un axe ternaire en coïncidence et qu'en outre un axe binaire de l'un est en coïncidence avec un axe trapézoédrique de l'autre.

J'ai rencontré, avec une très grande fréquence, les groupements de ce genre dans les gneiss et dans les pegmatites, les gabbros de Madagascar ; tantôt la magnétite y domine (Ianakafy, en amont de Benenitra, par exemple), tantôt, au contraire, c'est l'inverse qui a lieu (Vangoa, dans le Betsiriry). Mais les minéraux malgaches recueillis dans la terre rouge, possèdent parfois la particularité de présenter ces associations visibles naturellement, grâce à des corrosions qui ont rongé la magnétite et laissé en relief les lames de crichtonite avec une délicatesse très supérieure à celle que l'on peut obtenir dans le laboratoire avec le concours des acides. Les blocs sans contours géométriques des environs de Sahaninoka et de la Vangoa pour de telles associations à grands éléments (voir tome II, aux minéraux de titane les photographies qui représentent ces groupements), les éluvions de pegmatites à bastnaésite de la vallée de l'Imorona pour de gros octaèdres à faces nettes, peuvent être cités comme exemples.

L'étude de ces associations m'a suggéré une comparaison avec la structure de certains fers météoriques ; quand, dans un de ces groupements de magnétite et de crichtonite, le réseau de ce dernier minéral est continu, les figures obtenues dans les sections perpendiculaires à un axe ternaire ou quaternaire sont en tous points identiques aux figures de Widmanstätten des fers météoriques, dits *octaédriques*. La crichtonite joue le rôle de la kamacite et de la tænite, la magnétite celui de la plessite. Par analogie, il est donc permis de se demander si tous les constituants des fers météoriques sont véritablement cubiques, comme on l'admet actuellement, sans autre raison, semble-t-il, que leur existence dans des assemblages réglés par la symétrie de l'octaèdre. L'exemple qui vient d'être décrit montre que cette raison n'est ni nécessaire ni suffisante ; la kamacite et la tænite pourraient être rhomboédriques, la plessite leur fournissant le substratum octaédrique.

Pour en revenir aux fers titanés octaédriques, à structure complexe, on voit qu'il n'est pas légitime de les appeler *titanomagnétites* ; il faut parler d'associations perthitiques de type octaédrique de crichtonite et de magnétite. Il semble bien, d'ailleurs, qu'il existe de véritables titanomagnétites, les octaèdres à cassure vitreuse, les basaltes d'Auvergne et de Madagascar paraissant, en effet, homogènes (voir page 334).

En terminant, il me reste à signaler un dernier fait intéressant.

Dans les pegmatites syénitiques de l'Imorona (Ambahy, Itorendrika, etc.), les gros octaèdres de magnétite renferment parfois, couchées dans des plans octaédriques,

des aiguilles de rutile d'un brun rouge ; il est possible de démontrer qu'il ne s'agit pas là d'une orientation primaire, ces cristaux de rutile résultent de la transformation secondaire de la crichtonite dont il vient d'être question.

CUPRITE

Cu^2O.

Propriétés cristallographiques. Cubique. Clivages interrompus suivant a^1 (111) et quelquefois suivant p (100). Cassure conchoïde ou inégale.

Dureté. 3, 5 à 4. *Densité.* 5, 8 à 5, 9.

Propriétés optiques. Rouge cochenille, noircissant à la lumière. Poussière traçante rouge brique. Éclat adamantin et éclat métallique.

Translucide ou opaque, Monoréfringente.

Propriétés chimiques. La formule Cu^2O correspond à la composition suivante : Cu 88,8 ; O 11,2.

Fusible au chalumeau, en colorant la flamme en vert ou en bleu, si le minéral a été préalablement imbibé d'acide chlorhydrique.

Au chalumeau, sur le charbon, noircit, puis donne un bouton de cuivre.

Soluble dans l'acide chlorhydrique.

Diagnostic. Se distingue par sa forme et sa monoréfringence, ainsi que par la nuance de sa couleur et par ses réactions au chalumeau, des autres minéraux rouges et très réfringents (cinabre, argents rouges).

GISEMENTS

La cuprite accompagne d'une façon constante le cuivre natif dans les basaltes de Bekfady et d'Andrakaraka. Elle forme autour de lui des enduits ou des croûtes d'un rouge cochenille qui proviennent de son oxydation.

A Andrakaraka, la cuprite se présente parfois sous forme de longues aiguilles, cubes allongés suivant un axe quaternaire (*chalcotrichite*), d'un rouge orangé.

J'ai aussi rencontré de petites masses de cuprite dans des scories résultant d'un traitement par fusion et réduction incomplète de l'érubescite d'Ambatofangehana ; elle y forme, au milieu de pyroxène et de péridot, des grains rouges translucides accompagnant de petits lingots de cuivre métallique.

HYDROXYDES

OPALE

$SiO^2.xH^2O$.

L'opale est *amorphe.* Elle se présente sous forme massive : elle constitue souvent aussi des masses globuleuses, réniformes, stalactiformes ou terreuses ; ces diverses manières d'être expliquent les nombreux noms de variétés qui lui ont été donnés jadis.

Dureté. 5,5 à 6,5. Au moment de sa formation, l'opale constitue une gelée qui s'écrase sous les doigts. *Densité.* (1,9 à 2,3), très variable par suite de l'existence fréquente de diverses impuretés.

Propriétés optiques. A l'état pur, incolore, mais prenant les colorations les plus variées par mélange à des oxydes métalliques. Transparente, translucide ou opaque. Monoréfringente. $n = 1{,}45$ à $1{,}40$.

L'*opale noble* est incolore, transparente ou très translucide, et présente des jeux de lumière qui la font employer comme gemme, l'*opale de feu* a une couleur d'un rouge hyacinthe. L'*opale commune* est translucide (*semi-opale*) ou opaque (*opale résinite*) et alors elle peut prendre les colorations diverses constatées dans les jaspes ; elles sont de même nature dans les deux minéraux. La *hyalite* est une variété incolore et transparente comme du verre qui forme des concrétions ou des enduits globulaires, stalactiformes. Le *cacholong* est une opale d'un blanc de porcelaine qui happe à la langue ; certaines variétés peuvent absorber une grande quantité d'eau en devenant transparentes ou translucides (*hydrophane*).

Propriétés chimiques. L'opale est de la silice hydratée renfermant en moyenne de 3 à 9 pour 100 d'eau, mais en contenant parfois moins ou davantage : cette eau n'existe pas en relation moléculaire avec la silice.

Infusible ; donne de l'eau dans le tube.

Soluble dans les alcalis.

Diagnostic. La monoréfringence, la faible densité, la solubilité dans les alcalis constituent les caractéristiques de l'opale.

GISEMENTS

L'opale est toujours un produit secondaire se formant dans les roches les plus diverses.

Roches éruptives.

Pegmatites. — La pegmatite à orthose transparente d'Itrongay est remarquable par la présence de l'opale qui, sous forme de hyalite, a pénétré entre tous les cristaux ; elle constitue parfois des enduits mamelonnés à la surface de ceux qui sont désagrégés. Dans la roche cohérente, cette opale est en partie transformée en calcédonite ou en pseudocalcédonite.

Roches volcaniques. *Trachytes.* — Un gisement remarquable d'opale, ayant peut-être un intérêt économique, se trouve à environ 2 kilomètres au Sud de Faratsiho, le long du sentier conduisant à Miandrarivo : je l'ai visité grâce aux indications qui m'ont été fournies par M. Florens. En ce point, un trachyte phonolitique très altéré est devenu blanc et tendre ; çà et là, des veinules d'opale le sillonnent en tous sens, n'ayant le plus souvent que quelques millimètres d'épaisseur, mais se renflant par places pour constituer des poches (fig. 170, *d.* trachyte), d'ordinaire imparfaitement remplies par de l'opale disposée en couches horizontales. Au moment de l'ouverture des cavités (*a*), généralement remplies d'eau, la partie supérieure de la couche d'opale (*b*) possède une texture caséeuse : c'est une sorte de gelée transparente, s'écrasant sous la pression du doigt ; par dessiccation, elle prend de la consistance, devient opaque, poreuse et légère ; immergée à nouveau dans l'eau, elle reprend de la translucidité : c'est un type parfait d'*hydrophane*. Peu à peu, dans la direction de la verticale, cette silice gélatineuse prend de la dureté pour se transformer en opale résinite (*c*).

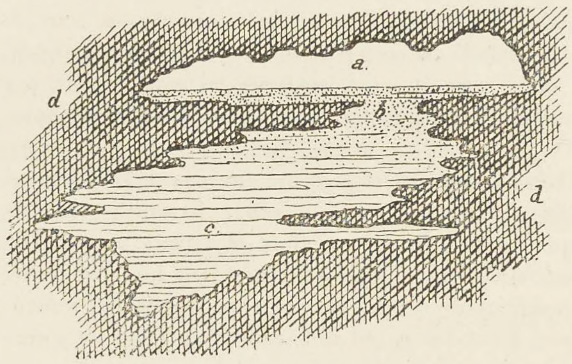


Fig. 170. — Poche d'opale dans trachyte altéré. du S. de Faratsiho.

Tandis que la plus grande partie de l'opale de ce gisement est blanche et opaque, il s'y trouve aussi des portions translucides susceptibles d'être utilisées comme gemme. Les unes ont les beaux reflets de l'*opale noble* de Hongrie et d'Australie, les autres rappellent l'*opale de feu* du Mexique, mais avec une couleur plus jaune que rouge. Cette opale est localement accompagnée de faratsihite et de psilomélane.

Basaltes. — M. Florens m'a remis un bel échantillon de hyalite transparente et mamelonnée provenant d'une coulée de basalte de l'Ankaratra, à 2 kilomètres d'Ampangabe (densité 2,15).

L'opale accompagne fréquemment la calcédoine dans les basaltes de l'Ouest et notamment dans ceux de l'Ambongo. A Bekiady et dans les autres gisements cuprifères du plateau d'Antanimena, elle est colorée en vert vif par du cuivre. A Ankazoberavina, elle l'est en vert poireau (*plasma*), par de la céladonite.

Dans le massif d'Ambre, des blocs d'opale blanche, translucide, ont été recueillis par M. Decary au milieu d'éboulis basaltiques recouvrant les argiles cénomaniennes d'Antanamitarana (densité 2,05).

Altération de diverses roches silicatées.

Je dois à M. Michaut un gneiss à graphite transformé en opale colorée en noir par des lames de graphite. Il provient d'Ambakoana près Anivorano. On trouve dans le même gisement des nodules d'opale translucide, à la façon de l'opale de feu du Mexique, mais possédant une couleur jaune, plus ou moins ambrée (densité 2,01).

J'ai examiné des échantillons de cacholong blanc (densité 1,97) provenant de la région de Tsaratanana, où il a été formé dans des conditions analogues : il constitue des galettes aplaties, présentant des fissures de retrait sur toute leur surface.

Une opale jaune, translucide sur les bords, se rencontre à Anakaralahy (Androy) ; l'examen microscopique y montre la trace d'une structure de serpentine fenestrée réalisée par de l'opale, avec quelques îlots de quartz et des paillettes de biotite.

Le gisement de pyroxénite de Volonandrongo fournit de grosses masses d'opale compacte, non concrétionnée, tantôt blanche comme le cacholong, et tantôt colorée en vert par de fines aiguilles d'actinote ; cette opale renferme aussi de gros fragments de cristaux de tous les minéraux connus dans ce gisement (phlogopite, épidotes, sphène brun, diopside, asbeste, etc.).

En divers points de l'Androy, jusqu'au voisinage du pays Mahafaly, se rencontrent en extrême abondance à la surface du sol, des blocs d'opale commune, à cassure conchoïdale, blanche (densité 2,06) et translucide ou bien jaune citron et opaque (Befotaka, sur le bord du Manambovo) ou d'un brun foncé (Kokomba); ils proviennent de filons ou de filonnets traversant les schistes cristallins. Dans la région de Bekily, ces gisements sont éloignés d'une vingtaine de kilomètres du massif volcanique de la Beandry. Au Nord d'Imanombo, ils se trouvent sur les confins Nord du massif volcanique de l'Ivohitsombe. On peut supposer

qu'ils sont en relation avec le volcanisme comme les filons d'opale résinite de la Limagne et du Mont-Dore, mais il faut reconnaître, toutefois, que le même minéral se trouve aussi entre Antanimora et Ankoba, ainsi qu'à Bezaza, là où il n'existe aucune roche volcanique. Il est donc possible qu'il faille attribuer ces gisements à l'action de sources hydrothermales, en relation ou non avec le volcanisme. Ces opales sont en partie quartzifiées, localement transformées, en totalité ou en partie, en calcédoine translucide ou en jaspe vert ou rouge.

On trouvera tome II (chapître de l'altération des roches), la description de pseudomorphoses en opale de racines qui se rencontrent dans la terre rouge à 15 kilomètres Nord-Ouest d'Anjanabonoina et sur la rive gauche du Manombo, entre Soalala et Besalampy, puis à Masoala sur le plateau d'Antanimena.

Sources thermales.

Les sources thermales bicarbonatées sodiques d'Antsirabe fournissent des concrétions mamelonnées d'opale opaque, blanche ou grisâtre qui, çà et là, englobent un grand nombre de végétaux herbacés ; j'ai montré [60] qu'il suffit de les traiter par l'acide fluorhydrique pour faire disparaître la silice et mettre en liberté les végétaux, restés intacts et qui, après dessiccation, brûlent facilement. Il s'agit donc là d'un embaumement du bois dans la silice et non pas d'une véritable épigénie. Ces conclusions peuvent être généralisées et appliquées à un grand nombre de produits similaires rencontrés dans d'autres pays et notamment en Auvergne.

Les sondages récents d'Antsirabe ont fait trouver entre 15 et 20 mètres de profondeur, dans des argiles riches en matière organique, des rognons d'opale à surface lisse et à cassure noirâtre qui, à la couleur près, rappellent la *ménilite* des environs de Paris. Des rognons d'opale se trouvent aussi aux affleurements des anciennes sources d'Antsolifara.

M. Levat a signalé [223] à Antarevoka (15 kilomètres Sud-Ouest d'Anaborano, sur un affluent de gauche de l'Ifasy) l'existence d'une substance blanchâtre et gluante qu'il a comparée à de la graisse et qui se trouve dans les fentes d'un granite altéré : il l'a considérée comme de la silice gélatineuse.

Sédiments.

L'opale, ayant constitué le premier stade de formation des silex des sédiments (page 218), est d'ordinaire transformée en quartz ou en ses variétés fibreuses.

Les bois silicifiés des argiles à Dinosauriens d'Ankazomihaloka, près Marovoay, etc., sont constitués par de l'opale ; leur aspect est très analogue à celui des

racines de la terre rouge. Quant à ceux du Trias (cf. page 219), ils sont généralement quartzifiés.

Opale d'origine végétale.

L'opale constitue essentiellement la *randannite* du Sandrangoty (Mont Raynaud), roche d'origine végétale (diatomées) qui est décrite tome II, dans le chapitre des roches sédimentaires.

BRUCITE

$Mg[OH]^2$.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique. $c = 1{,}5208$; $pa^1 = 119°40'$. Clivage micacé suivant a^1 (0001), donnant des lames flexibles.

Dureté. 2,5. Sectile. *Densité.* 2,38 à 2,40.

Propriétés optiques. Blanche, grise ou d'un vert pâle. Éclat nacré sur le clivage. Transparente ou opaque. Uniaxe et optiquement positive. $n_g = 1{,}579$, $n_p = 1{,}559$.

Propriétés chimiques. La formule $Mg(OH)^2$ ou $MgO.H^2O$ correspond à la composition suivante : MgO 69,0 ; H^2O 31,0 ; il existe souvent un peu de fer.

Dans le tube, donne de l'eau. Au chalumeau gonfle, mais reste infusible. Soluble dans les acides.

Diagnostic. La solubilité dans les acides permet de distinguer la brucite du talc, des micas et des chlorites blanches.

GISEMENTS

J'ai rencontré la brucite dans un échantillon provenant du massif de Sidisidy, sur la route d'Elakelaka, près de Fort-Dauphin. Elle forme de petites lamelles blanches, un peu verdâtres, à éclat nacré. Elle tapisse les cavités d'un spinelle vert noir, massif, provenant des calcaires cristallins.

GROUPE DU DIASPORE

DIASPORE

$AlO[OH]$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0{,}93722 : 1 : 0{,}60387$; $mm = 93°43'$. Clivages parfaits suivant g^1(010), nets suivant h^3 (210) ; cassure conchoïdale.

Dureté. 6,5 à 7. *Densité.* 3,3 à 3,5.

Propriétés optiques. Incolore, blanc, gris, jaune, violacé ou bleuâtre. Éclat vitreux, nacré sur le clivage facile. Transparent ou translucide.

Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010) ; optiquement positif, bissectrice aiguë perpendiculaire à h^1 . $n_g = 1{,}750$; $n_m = 1{,}722$; $n_p = 1{,}702$; $2V = 84°20'$.

Propriétés chimiques. La formule AlO(OH) ou $Al^2O^3 . H^2O$ correspond à la composition Al^2O^3 85,0; H^2O 15,0; décrépite et ne donne de l'eau qu'à haute température. Infusible au chalumeau ; donne avec l'azotate de cobalt une coloration bleu foncé.

Inattaquable par les acides ; décomposé par l'acide sulfurique après calcination.

Diagnostic. De tous les minéraux lamelleux, le diaspore se distingue par ses propriétés chimiques, sa dureté, sa densité et les propriétés optiques de ses lames de clivage.

GISEMENTS

J'ai étudié un échantillon roulé qui a été recueilli dans le Fanantara en face de Matory ; il est constitué par une substance tenace, d'un bleu lavande, tachetée de jaunâtre par infiltration de produits ferrugineux. L'examen chimique montre que le minéral ne renferme que de l'alumine et de l'eau en proportion un peu inférieure à celle qui serait nécessaire pour le diaspore. Cependant les propriétés optiques sont celles de ce minéral. M. Jamet l'a vu en filonnets dans des schistes.

GOETHITE

FeO[OH].

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0{,}9185 : 1 : 0{,}6068$; $mm = 94°52'$; isomorphe du diaspore. Clivages : parfait suivant g^1 (010), difficile suivant h^1 (100). Cassure inégale.

Dureté. 5 à 5,5. Fragile. *Densité.* 4 à 4,4.

Propriétés optiques. Les cristaux épais sont noirs, à éclat adamantin ; les cristaux de petite taille sont jaunes ou rougâtres. Poussière jaune d'ocre. Translucide en lames minces.

Plan des axes optiques parallèle à p (001) (jaune et vert), à h^1 (100) (rouge). Optiquement négative. Bissectrice aiguë perpendiculaire à g^1 (010), avec intense dispersion, $\rho < v$. $2E = 58°31'$ (rouge); $36°46'$ (jaune). $N = 2{,}5$ environ ; $n_g - n_p = 0{,}134$. Polychroïsme intense dans les teintes jaunes et brunes.

Propriétés chimiques. La formule FeO[OH] ou $Fe^2O^3 . H^2O$ correspond à la composition suivante : Fe^2O^3 89,9 ; H^2O 10,1 ; il existe parfois un peu de manganèse.

Dans le tube, dégage de l'eau, en se transformant en Fe^2O^3 rouge.

Soluble dans l'acide chlorhydrique.

Diagnostic. Les propriétés optiques, jointes à la mesure exacte de la densité et de la perte au feu permettent de distinguer ce minéral de la limonite.

GISEMENTS

Pegmatites. — J'ai rencontré la goethite dans le quartz hyalin drusique de la pegmatite d'Andibakely, près Sama, sous forme d'aiguilles ou de petites lamelles

brunes, très éclatantes. Elles sont très visibles, grâce à la transparence du quartz. Par contre, des lamelles analogues ou des aiguilles ne se reconnaissent qu'au microscope dans les gros cristaux de quartz hématoïde d'Ilazarivo, au Sud de la Mania, dont elles colorent la périphérie en rouge brique (Pl. 6, fig. 4).

MANGANITE

MnO[OH].

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0{,}84407 : 1 : 0{,}54484$; $mm = 99°40'$. Isomorphe de la goethite. Clivages parfaits suivant g^1 (010) et m (110).

Dureté. 4. Fragile. *Densité.* 4,2 à 4,4.

Propriétés optiques. Noir de fer à noir gris d'acier. Éclat semi-métallique. Poussière brun rouge.

Propriétés chimiques. La formule MnO[OH] ou $Mn^2O^3 . H^2O$ correspond à la composition suivante : Mn^2O^3 89,7 ; H^2O 10,3.

Dans le tube, donne de l'eau ; calcinée au contact de l'air se transforme en MnO^2, c'est-à-dire en *polianite* — dont elle possède alors toutes les propriétés.

Diagnostic. Voir à *psilomélane.*

GISEMENTS

Je n'ai pas rencontré à Madagascar la manganite intacte, mais on trouvera page 245 la description de pyrolusite résultant de sa déshydratation. Les cristaux sont trop petits pour pouvoir être mesurés ; ce sont des prismes, un peu allongés et striés suivant l'axe vertical. Certains d'entre eux ont peut-être été constitués par de la manganite. Je n'ai pas de renseignements précis sur les conditions de gisement de ces échantillons recueillis à l'ouest du Mont Sarobaratra.

HYDRARGILLITE (GIBBSITE)

$Al(OH)^3$

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 1{,}7089 : 1 : 1{,}9184$; $zx = 85°29'$; $mm = 60°50'$. Clivage micacé suivant p. Macles polysynthétiques suivant p, m, et h^1. Forme des paillettes hexagonales ou des croûtes stalactiformes à structure fibro-lamelleuse (gibbsite).

Dureté. 2,5 à 3,5. *Densité.* 2,3 à 2,4.

Propriétés optiques. A l'état pur, incolore ou blanche. Optiquement positive. Plan des axes per-

pendiculaire à g^1, *np* parallèle à l'orthodiagonale ; *ng* fait dans g^1 58°34′ avec *p* ; 2E petit ; $nm = 1,535$; $ng - np = 0,019$.

Propriétés chimiques. La formule $Al(OH)^3 = Al^2O^3.3H^2O$ correspond à la composition : Al^2O^3 65,1 ; H^2O 34,9. Infusible au chalumeau. Soluble dans l'acide sulfurique.

Diagnostic. Les propriétés optiques sont caractéristiques. Les variétés fibreuses se distinguent de la wavellite par l'absence de la réaction de l'acide phosphorique.

GISEMENTS

L'hydrargillite est l'élément cristallisé des latérites et des argiles latéritiques, de celles que j'appelle gibbsitiques. Elle est donc extrêmement abondante dans l'île, mais la forme de ses paillettes ne se voit qu'au microscope. A elle seule, elle constitue les pseudomorphoses cloisonnées du microcline de beaucoup de pegmatites (Ambositra, Anjanabonoina, Ankeba, etc).

Ce minéral sera longuement étudié dans le tome II (Altérations des roches), où une planche est consacrée à ses aspects macroscopiques et microscopiques.

ALUMOGELS

$Al^2O^3.H^2O$ $Al^2O^3.3H^2O$.

Je désigne ainsi les deux hydrates d'alumine colloïdaux caractérisant les latérites et les argiles latéritiques *bauxitiques*. Dans certaines d'entre elles, ils existent en grande quantité, mais à ma connaissance, ils ne forment pas exclusivement des roches telles que la bauxite. Il n'est donc pas possible de les voir sous une forme minéralogique pure.

La composition chimique de ces deux hydrates est celle du diaspore ou de l'hydrargillite dont ils ne diffèrent que par l'absence de symétrie cristalline et de biréfringence et par leur facile solubilité dans l'acide chlorhydrique.

Par cristallisation due à des actions secondaires, les alumogels donnent naissance à de l'hydrargillite.

Pour plus de détails, voir le chapitre du tome II consacré à l'altération des roches silicatées.

LIMONITE STILPNOSIDÉRITE

$Fe^4O^3(OH)^6$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. La limonite n'est pas connue en cristaux distincts, mais seulement sous forme de fibres constituant des masses concrétionnées, mamelonnées, botroydes, stalactiformes, d'une infinie variété d'aspect extérieur. Clivage suivant h^1 (100).

Dureté. 5 à 5,5. *Densité.* 4.

Propriétés optiques. Brun plus ou moins foncé. Poussière brun jaune. Les fibres ont un éclat soyeux, métalloïde. Transparentes seulement en lames très minces. Plan des axes optiques parallèle au clivage h^1 ; la limonite est optiquement négative; bissectrice aiguë perpendiculaire à g^1 (010). Dispersion $\rho > v$, moindre que pour la goethite : 2V grand ; $n = 2{,}5$; $n_g - n_p = 0{,}048$. Polychroïsme intense dans les teintes jaunes.

Propriétés optiques. La formule $Fe^4O^3(OH)^6$ ou $2Fe^2O^3 . 3H^2O$ correspond à la composition suivante : Fe^2O^3 85,5 ; H^2O 14,5. Mêmes essais pyrognostiques que pour la goethite.

La *stilpnosidérite* est la phase colloïdale de la limonite ; elle en possède toutes les propriétés, sauf la structure cristalline ; sa dureté et sa densité sont aussi un peu plus faibles (densité 3,6 environ). La stilpnosidérite forme des masses concrétionnées ou compactes, noires de poix, à cassure résineuse très éclatante ou bien des masses caverneuses ou terreuses, jaunes de diverses nuances, des agrégats pulvérulents d'un jaune clair. Souvent il existe diverses impuretés et en particulier de l'acide phosphorique.

Altérations. Dans la nature, la limonite et la stilpnosidérite se transforment en hématite par perte d'eau ; cette transformation est progressive ; les produits appelés *turgite* (turite), *hydrohématite* en sont les étapes dont la composition ne paraît pas fixe.

Diagnostic. On vient de voir quelles sont les différences existant entre la stilpnosidérite et la limonite ; les propriétés optiques permettent de distinguer la limonite de la goethite fibreuse dont la teneur en eau est en outre moins élevée.

GISEMENTS

Latérites et argiles latéritiques.

Cet hydroxyde se rencontre dans tous les produits d'altération superficielle des roches de l'île et constitue leur matière colorante ; ses deux formes sont intimement associées entre elles. Aux affleurements, dans la terre rouge, elles sont souvent en partie déshydratées. Elles s'y concentrent près de la surface, en concrétions isolées et exceptionnellement en une cuirasse ferrugineuse continue. Je renvoie, pour plus de détails, au chapitre des *Altérations des roches silicatées alumineuses* (Tome II), me contentant de rappeler ici que des types fibreux de limonite très pure,

à surface mamelonnée, se rencontrent dans quelques gisements [Tibaka, au Nord d'Amborompotsy ; Nord d'Ambatofinandrahana ; kilomètre 140,95 de la route d'Antsirabe ; etc., Inato entre le Manatsimba et le Mananivo au Sud-Sud-Ouest de Fanfangana (surface noire, vernissée à surface éclatante)], mais que la stilpnosidérite paraît beaucoup plus fréquente ; de beaux exemples de nodules, à cassure vitreuse, se trouvent à Mantasoa, au kilomètre 82,9 de la route d'Antsirabe, etc. Les pisolites ferrugineux de la latérite sont constitués par le même minéral. La limonite et la stilpnosidérite de ce genre de gisement constituent une grande partie des minerais de fer exploités par les Malgaches.

Altération de pyrite.

Partout où il existe de la pyrite, ce minéral est altéré superficiellement en stilpnosidérite, souvent mélangée à de la limonite, et parfois en limonite pure. On trouve, aussi bien dans les roches que dans la terre rouge et les alluvions, des cristaux de pyrite offrant cette transformation (Imaina, Ikalamavony, Ambodimanga près Mahanoro, Ambatoarina, Itorendrika, Ieninkenina, etc.). La surface de ces pseudomorphoses, brunes ou noirâtres, est souvent très lisse ; généralement leur partie interne est caverneuse et cloisonnée ; on y trouve parfois des grains d'or (Imaina), des cristaux de soufre natif (Maevatanana).

Dans les sédiments argileux renfermant des fossiles pyriteux, ceux-ci sont généralement oxydés aux affleurements (Est de la presqu'île de Moromony, etc.).

Filons quartzifères.

Les filons quartzeux contiennent parfois de la limonite sous forme de belles concrétions fibreuses, recouvrant les cavités. Tel est le cas des filons quartzeux de la série triasique du Nord ; j'en ai vu des échantillons provenant d'Andongozo, sur la Mahavavy ; ils recouvrent du quartz et de la barytine. Dans les filons et dans les veines quartzeuses, dans les roches éruptives métamorphiques ou sédimentaires imprégnées de pyrite, ces produits d'altération possèdent fréquemment un aspect scoriacé.

Les géodes de quartz du filon plombifère d'Ankitokazo sont quelquefois comblées par de la limonite concrétionnée fibreuse et il est possible d'en extraire de jolis échantillons présentant des empreintes en creux, à surface éclatante, qui reproduisent les faces birhomboédriques du quartz.

V

CARBONATES

I. CARBONATES ANHYDRES

GROUPE DE LA CALCITE

CALCITE

CO^3Ca.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique. $c = 0{,}85430$. $pp = 105°5'$. Macle par rotation autour de l'axe ternaire. Macles suivant b^1 $(01\bar{1}2)$, p $(10\bar{1}1)$, e^1 $(02\bar{2}1)$. Clivages p faciles. Plans de séparation suivant b^1, dus à des macles secondaires et aussi suivant a^1 (0001).

Dureté. 3. *Densité.* 2,713, augmentant par suite d'impuretés physiques ou de mélanges isomorphes.

Propriétés optiques. Incolore, blanche, mais prend des colorations diverses sous l'influence d'oxydes métalliques, remplaçant une partie de la chaux ou sous celle d'inclusions de nature variée. Éclat vitreux à terreux, nacré suivant la base dans les variétés à structure lamellaire ; éclat soyeux dans les variétés fibreuses. Uniaxe et optiquement négative. La biréfringence est assez élevée pour qu'il soit possible de la constater en regardant un objet à travers une face de clivage (spath d'Islande). $n_g = 1{,}65837$; $n_p = 1{,}48645$.

Propriétés chimiques. La formule $CaCO^3$ correspond à la composition CO^2 44,0 ; CaO 56,0, avec parfois de petites quantités de magnésium, de fer, de manganèse, etc.

Dans le tube, décrépite et blanchit ou se teinte de rouge (Fe) ou de noir (Mn). Au chalumeau, infusible, mais colore la flamme en jaune rouge ; le résultat de la calcination est de la chaux vive, à réaction alcaline.

Soluble dans les acides à froid en faisant effervescence.

Diagnostic. La propriété d'être décomposée par les acides à froid avec dégagement d'acide carbonique, les clivages rhomboédriques de 105°5', la grande biréfringence, sont caractéristiques de la calcite qui se distingue des autres carbonates rhomboédriques par sa densité et par ses réactions chimiques. Voir à *aragonite* pour la distinction avec ce minéral.

GISEMENTS

Roches sédimentaires.

Sédiments normaux. — La calcite joue un rôle considérable dans la constitution des terrains stratifiés, parmi lesquels abondent les calcaires. Il doit se rencontrer dans ceux-ci, des cristaux distincts intéressants pour les minéralogistes, comme cela a lieu dans toutes les régions sédimentaires, mais, n'ayant pas personnellement parcouru l'Ouest de Madagascar, je n'ai pas fait d'observations précises à ce sujet. Les figures 171 à 175 représentent les formes communes que

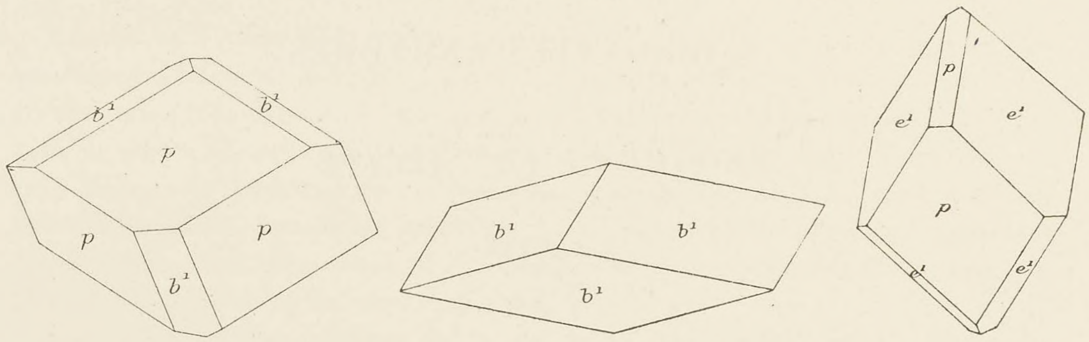


Fig. 171 à 173. — Calcite. Formes rhomboédriques communes

j'ai observées en médiocres cristaux dans les calcaires et dans les fentes des grès de la province pétrographique d'Ampasindava.

Je signalerai l'assez grande fréquence dans les grès liasiques, triasiques et même crétacés, d'un ciment calcaire consistant en gros individus cristallins, qui atteignent parfois (6 kilomètres au Nord de Bekopaka) 5 à 6 centimètres suivant une arête de clivage et qui englobent un grand nombre de grains de quartz, comme les cristaux libres de la calcite des grès de Fontainebleau.

Les fentes des grès de Nosy Komba et de la région d'Ampasindava renferment fréquemment de grandes lames de calcite, aplaties suivant a^1.

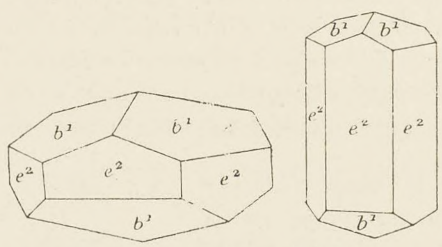


Fig. 174 et 175. — Calcite. Forme prismatique commune.

Les marnes jurassiques de l'Ouest (Maevarano, etc.) contiennent en grande abondance des septaria, nodules fissurés, que traversent des veinules de calcite fibrobacillaire, blanche ou jaunâtre. Dans les marnes à *Bélemnites* de la partie

orientale de l'Ankarafantsika (Boina), ces baguettes cannelées de calcite sont parfois brunes du côté du calcaire, jaunes dans leur partie médiane ; elles se terminent par des rhomboèdres e^1, incolores quand il existe des cavités.

Des masses bacillaires de calcite rosée abondent dans les calcaires (liasiques?) des bords de la Namota, entre Bemena et Soarano. J'ai observé encore de grands cristaux jaunes, transparents (e^1) dans les druses des septaria des marnes crétacées d'Ankomaka ; ils supportent des cristaux beaucoup plus gros (3 centimètres) ou fort petits de la forme b^1, ainsi que des cristaux limpides de barytine et des concrétions de marcasite.

Il faut signaler des cristaux (b^1) dans les calcaires nummulitiques de l'île Antanimora, dans les conglomérats sénoniens d'Ambohimarina, des cristaux jaunes transparents (b^1e^2 et rhomboèdres aigus très corrodés) dans les calcaires de la rivière Ampandrabe, à 15 kilomètres Est de Bedango dans la région de Soalala.

Les calcaires du même âge de la Betaitra renferment aussi des veines de calcite spathique colorée en jaune par de la limonite.

Calcaires métamorphiques. — La calcite qui constitue les calcaires métamorphiques de tout genre est généralement d'un beau blanc, mais il existe des variétés de ces roches dans lesquelles elle est rose (la Sakave, la Menamaty, Belio), bleuâtre ou d'un beau bleu (Ambatoboka, Antetezambato), gris de fumée (Imaina) ou même noire (Ampanompia). Quelquefois on y trouve des lits à gros grains. A Ankarongana et à Ambatoboka surtout, il est possible d'en extraire des clivages de 6 à 7 centimètres de côté. Rouquette m'a signalé dans la vallée du Manambolo (Androy) des clivages atteignant 15 centimètres. Sur ces gros cristaux, les macles polysynthétiques suivant b^1 sont souvent visibles à l'œil nu, sous forme de fines bandes parallèles à la grande diagonale des clivages rhomboédriques.

Dans la région d'Ambatofinandrahana les calcaires cristallins renferment des cristaux indistincts permettant d'obtenir des clivages de plus de 20 centimètres d'arête ; ils sont par places fortement translucides. Des échantillons analogues, mais de moindres dimensions, se trouvent au contact du Trias de l'Ouest et des schistes cristallins qui renferment des bancs de cipolins (gorges de la Menamaty et vallée de l'Imaloto) ; ils peuvent être recueillis indistinctement dans l'une ou l'autre de ces formations ; les clivages, incolores ou d'un jaune brunâtre, sont parfois remarquablement courbes.

Les fissures des calcaires sédimentaires et des cipolins renferment fréquemment aussi la calcite sous forme de masses bacillaires, blanches ou jaunes, qu'il est facile de distinguer de l'aragonite grâce aux clivages rhomboédriques qui terminent leurs

baguettes. Dans les cipolins : Samizaza, 5 kilomètres Sud-Ouest de Maharitra, vallée de la Sahatany ; dans les sédiments : bords du Namota ; entre Bemena et Soarano (Ouest Ambongo).

Dans les fentes des calcaires nummulitiques de la Montagne des Français se trouvent des concrétions de calcite en fibres serrées renfermant quelques pisolites de ctypéite, en grande partie transformés en calcite fibreuse.

Roches éruptives.

Pegmatites. — J'ai observé dans les pegmatites de Maharitra, un très curieux exemple de formation de calcite lamellaire, datant de la période pneumatolytique finale de l'histoire de la roche. De grandes lames, aplaties suivant a^1, renferment en abondance de petites paillettes hexagonales de bityite, orientées sur elles et de fines aiguilles de tourmaline rosée ou incolore.

Roches diverses. — La calcite est le minéral secondaire par excellence de toutes les roches silicatées possibles et plus particulièrement des roches basiques renfermant des minéraux calciques. Elle s'y trouve le plus souvent à l'état d'imprégnation diffuse, mais elle se concentre aussi dans leurs fentes, sous forme de veinules (dans les diabases de Farafaty, au Nord de Tamatave, elles sont fréquentes et riches en pyrite). Quelquefois aussi, la calcite s'isole en cristaux nets dans des cavités ; c'est ainsi que dans les diabases des environs de Mananjary, les cristaux de laumontite sont accompagnés de prismes hexagonaux (e^2) de calcite translucide, aplatis suivant une large base, qui mesure 10 centimètres de diamètre ; cette base est recouverte en partie par une croûte d'un blanc laiteux formée par des rhomboèdres directs, très obtus, arrondis et indéterminables du même minéral.

Les coulées de labradorite des deux bords de l'Onilahy, en aval de Tongobory, là où elles sont recouvertes par des calcaires crétacés, sont très altérées au contact de ceux-ci, sur une épaisseur de $0^m,60$. Au-dessous de cette zone, la lave se délite en parallélipipèdes, séparés les uns des autres par des plaquettes de calcite dans les fentes desquelles se trouvent des cristaux très corrodés (e^1pd^1 et scalénoèdres à faces indéterminables).

Aux affleurements des basaltes d'Ampasimpitily (côte occidentale de la presqu'île d'Ankarefo) et du Tsitondroina, se trouvent des blocs de quartz creusés de cavités, constituant des moulages du rhomboèdre e^1 (4 à 5 centimètres) de calcite (Pl. 4, fig. 7) ; de grandes géodes tapissées de cristaux de ce minéral ont été remplies par une cristallisation quartzeuse, puis plus tard la calcite a été dissoute par des circulations d'eau atmosphérique. Des moules analogues ont été rencontrés (pa^1) à Ankazoberavina.

Je dois à M. Lamberton un curieux échantillon de calcite recueilli dans une fente du granite, vis-à-vis la prison de Tananarive ; il consiste en cristaux ($e^{9/5}$ b^1, type de la figure 5) de 1^{cm},5, complètement recouverts de longs cristaux cristallitiques résultant de l'interpénétration et de l'empilement à axes parallèles de rhomboèdres b^1 du même minéral.

Filons.

Le filon de galène d'Ankalampobe (Nosy Be) a la calcite pour gangue principale des géodes sont tapissées par des rhomboèdres b^1, quelquefois associés à e^2 et à des rhomboèdres aigus directs ou inverses ; ils sont saupoudrés de pyrite.

La calcite paraît rare dans les filons quartzeux d'Andavakoera, mais elle s'est produite à une période ancienne du remplissage du filon de Ranomafana, car j'y ai rencontré des paramorphoses vides de calcite (p) constituées par de petits cristaux enchevêtrés d'ankérite et des cavités correspondant à des rhomboèdres très aigus, limités par du quartz.

Des filons de quartz non minéralisés se trouvent aux sources de la Soarano, affluent de l'Ibadika (rive gauche de l'Onilahy), au contact des schistes cristallins et du Trias ; ils renferment de beaux échantillons de quartz « haché » dont les cavités représentent des lames de calcite aplaties suivant la base et distribuées dans tous les sens. Le quartz porte sur des surfaces de plusieurs centimètres carrés des stries se coupant à 60°, empreintes des clivages du carbonate disparu.

J'ai entre les mains un échantillon de quartz jaunâtre qui m'a été donné à Miarinarivo comme provenant de la région du lac Itasy ; il est creusé de bons creux de 3 à 5 centimètres de longueur, correspondant au scalénoèdre $d^{7/4}$ $(7.4.\overline{11}.3)$ de calcite disparue (fig. 176).

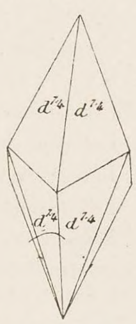


Fig. 176. — Calcite de la région du lac Itasy.

Enfin, je dois à M. Florens un échantillon de quartz recueilli à l'Est de Miakanjovato, qui porte sur deux faces parallèles des empreintes en creux de rhomboèdres e^1 de calcite.

Sources thermales.

La calcite est l'un des minéraux les plus fréquents de l'émergence des sources thermales bicarbonatées de l'île. Dans la plupart des cas, elle y forme des travertins, plus ou moins concrétionnés, souvent associés à l'opale (Antsirabe) ou bien des concrétions, des stalactites, des moulages de tous les débris qui tombent dans

l'eau, débris végétaux, etc.) (Pl. 1, fig. 2 et 3) (Antsirabe) ; il en sera question plus longuement au tome II, dans le chapitre des *Sources thermales*.

A Andranomandevy de Migiko, la calcite constitue des pisolites blanc laiteux, épigénies de ctypéite (voir p. 289).

DOLOMITE

$(CO^3)^2CaMg$.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique, parahémiédrique. $c = 0{,}83224$; $pp = 106°15'$. Les macles sont les mêmes que celles de la calcite, à l'exception de celle suivant b^1 qui n'est pas connue dans la dolomite. Clivages p $(10\bar{1}1)$ parfaits.

Dureté. 3,5 à 4. *Densité*. 2,8 à 2,9, augmentant avec la présence du fer et du manganèse.

Propriétés optiques. Blanche, grise, rose, etc. Éclat vitreux dans les cristaux. Transparente à translucide.

Uniaxe et optiquement négative. Biréfringence et réfringence de l'ordre de celles de la calcite, mais plus élevées et augmentant avec la teneur en fer et en manganèse. n_g (Na) = 1,68174, n_p (Na) = 1,50256 (densité = 2,883).

Propriétés chimiques. La composition correspondant à la formule $(CO^3)^2CaMg$ est la suivante : CO^2 47,8 ; CaO 30,4 ; MgO 21,8 ; de petites quantités de fer, de manganèse, etc., peuvent remplacer une partie du magnésium ; les variétés renfermant plus de 15 pour 100 de $FeCO^3$, c'est-à-dire plus de 9,31 pour 100 de FeO constituent les *ankérites*.

Peu ou pas attaquée par HCl à froid, mais attaquée avec effervescence à chaud.

Les variétés ferrugineuses brunissent par exposition à l'air.

Diagnostic. La résistance à froid à l'action de l'acide chlorhydrique et la densité plus grande permettent de distinguer la dolomite de la calcite.

GISEMENTS

Schistes cristallins.

La dolomite est associée à la calcite dans quelques cipolins, mais elle constitue aussi à elle seule, une roche distincte (dolomie), fournissant un beau marbre à gros grain à Ambodiala (Est d'Ambatofinandrahana). Cette roche renferme des mouches de chalcosite et des enduits de chessylite, formés à leurs dépens.

A 2 kilomètres au Sud d'Ambatofinandrahana, les portions riches en phlogopite et albite d'un calcaire cristallin renfermant des amandes de pegmatite contiennent du quartz coloré en vert bleuâtre par une amphibole fibreuse, de petits cristaux de rutile, de gros cubes cannelés de pyrite et enfin des rhomboèdres translucides d'une dolomite, légèrement ferrifère.

Filons métallifères.

A Ranomafana, dans la région d'Andavakoera, l'ankérite constitue de petits rhomboèdres primitifs, d'un blanc nacré, parfois légèrement teintés de jaunâtre (Densité 2,98). Ils se trouvent dans des géodes de quartz (Pl. 3 fig. 4) seuls ou associés à de la galène, de la pyrite et à de beaux cristaux de barytine ; ils sont de formation postérieure à ces minéraux. Le même minéral constitue aussi avec quartz, blende et or (électrum) le remplissage d'un filon. J'ai recueilli aussi des croûtes cristallines formées par des rhomboèdres enchevêtrés et constituant le moulage en creux de cristaux de calcite disparus dont il est question page 283. Il existe aussi dans ce gisement des types plus ferrifères (*ankérite*), superficiellement colorés en jaune, ils constituent des groupements selliformes.

D'après M. Lemoine [199] une des gangues de la galène d'Ankalampobe (Nosy Be) est une ankérite dont la composition est la suivante : CO^3Ca 51,2 ; CO^3Mg 28,9 ; CO^3Fe 19,9.

GIOBERTITE

CO^3Mg.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique. $c = 0{,}81123$; $pp = 107°24'$. Clivages $p\,(10\bar{1}1)$.

Dureté. 3,5 à 4,5. *Densité.* 3,0 à 3,2 (variété ferrifère = *breunnérite*). La giobertite compacte a une densité un peu inférieure à 3.

Propriétés optiques. Incolore, blanche, jaune ou brune (breunnérite). Éclat vitreux dans les cristaux, terne dans les masses compactes. Transparente à opaque.

Uniaxe et optiquement négative. $n_g = 1{,}7053$, $n_p = 1{,}5148$ (densité = 3,05).

Propriétés chimiques. La formule CO^3Mg correspond à la composition CO^2 52,4 ; MgO 47,6 ; peu attaquable par les acides à froid, plus lentement attaquée à chaud que les autres carbonates.

Diagnostic. Parmi les autres carbonates rhomboédriques, la densité et la résistance relative aux acides constituent la particularité distinctive de la giobertite.

GISEMENTS

La giobertite se trouve à Madagascar dans un seul mode de gisement, comme produit secondaire des péridotites serpentinisées, au milieu de quoi elle forme des veinules ou des nodules, compacts, d'un blanc laiteux ; cette giobertite est tout à fait semblable à celle des serpentines de l'Eubée.

J'ai signalé déjà [47] le gisement du mont Vohibory, à 30 kilomètres au Sud de Benenitra. Il en existe un autre sur les Hauts Plateaux, à Ampangabe, dans la vallée du Jabo, à trois heures au Nord d'Ambohimanga (veinules anastomosées de 7 à 8 centimètres dans une serpentine jaune verdâtre).

SIDÉRITE

CO^3Fe.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique. $c = 0{,}81841$; $pp = 107°$. Macles polysynthétiques suivant b^1 $(01\bar{1}2)$. Clivages suivant p $(10\bar{1}1)$.

Dureté. 3,5 à 4. *Densité.* 3,83 à 3,88.

Propriétés optiques. Grise, blanche, jaune, brune. Éclat vitreux. Transparente à translucide. Uniaxe et optiquement négative. $n_g = 1{,}8734$ (Na) ; $n_p = 1{,}6333$ (densité = 3,938).

Propriétés chimiques. La formule $FeCO^3$ correspond à la composition CO^2 37,9 ; FeO 62,1 ; il existe presque toujours un peu de manganèse, de magnesium, de calcium, etc.

Dans le tube décrépite, perd son CO^2 et devient magnétique. Fusible au chalumeau en un globule magnétique,

Peu attaquée par l'acide chlorhydrique froid. Soluble avec effervescence à chaud.

La sidérite s'altère avec la plus grande rapidité à l'air humide, se transforme en limonite, qui, elle-même, se transforme parfois en hématite ou en magnétite.

Diagnostic. Parmi les carbonates rhomboédriques, se distingue par la réaction prédominante du fer.

GISEMENTS

Fentes et filons.

De gros rhomboèdres de sidérite de 1 centimètre d'arête, transformés en limonite, se trouvent dans les fentes des schistes cristallins d'Ambohipaka, sur la rive droite du Manombo, entre Soalala et Besalampy.

J'ai vu de beaux rhomboèdres de sidérite blonde et translucide, inclus dans du quartz hyalin parfaitement transparent, dont la provenance n'a pu être précisée.

Sédiments.

La sidérite constitue les oolites ferrugineuses et de petits rhomboèdres lenticulaires dans les calcaires calloviens de Beraketa (vallée de la Sakondry).

Sous forme de petits rhomboèdres aigus, elle forme le ciment d'un grès jurassique d'Andranosamonta.

On la trouve aussi en rognons compacts, contenant quelquefois de la pyrite, dans le lit du Fiherenana, en aval de Manera ; dans les argiles cénomaniennes de la presqu'île Saint-Sébastien ; dans les argiles turoniennes à Dinosauriens d'Ankazomihaloka, au Sud de Marovoay, et dans les argiles ligniteuses (quaternaires) de Benenitra. Ces nodules sont souvent d'un brun rougeâtre par suite de la décomposition partielle de la sidérite en limonite.

SMITHSONITE

CO^3Zn.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique. $c = 0{,}803633$; $pp = 107°40'$. Clivages suivant p $(10\bar{1}1)$.

Dureté. 5. *Densité*. 4,30 à 4,45.

Propriétés optiques. Incolore ou blanche quand elle est pure, la smithsonite prend les couleurs les plus variées et les plus vives lorsqu'elle renferme des oxydes métalliques à l'état de mélange isomorphe ou d'inclusions.

Uniaxe et optiquement négative. $n_p = 1{,}6177$. Biréfringence très élevée.

Propriétés chimiques. La formule CO^3Zn correspond à la composition CO^2 35,2 ; ZnO 64,8. Il existe souvent du fer, du manganèse, du calcium, du magnésium, du cuivre, etc.

Infusible au chalumeau ; donne après calcination avec la solution d'azotate de cobalt (feu oxydant) une masse verte à froid, si elle est pauvre en fer ; sur le charbon, avec la soude, donne les réactions du zinc.

Soluble dans l'acide chlorhydrique avec effervescence.

Diagnostic. Se distingue des autres carbonates par sa forte densité et les réactions du zinc.

GISEMENTS

La smithsonite, l'hydrozincite et l'aurichalcite sont trois minéraux qui, à Madagascar, ne se trouvent que comme produits de l'altération atmosphérique de la blende. Je les ai rencontrées dans les fouilles d'Ampiadiambato, près d'Ambatofangehana, au milieu du calcaire. La smithsonite forme des masses concrétionnées et cloisonnées, d'un jaune brunâtre, et c'est dans les cavités de ce minéral que se trouvent, l'hydrozincite, en petites masses blanches terreuses, l'aurichalcite en lamelles nacrées d'un bleu un peu verdâtre.

CTYPÉITE

CO^3Ca.

J'ai donné ce nom à une forme de carbonate de calcium, constituant les pisolites des sources thermales de Carlsbad en Bohême et de Hamman Meskoutine (Constantine, Algérie), et considérée jusqu'alors comme une variété d'aragonite.

Elle existe toujours sous forme de pisolites, à texture écailleuse, tantôt parfaitement sphériques, tantôt irréguliers de forme, offrant les particularités bien connues dans les grains d'amidon, déformés par contact mutuel.

La ctypéite possède la structure que présente fréquemment l'aragonite dans la coquille des mollusques.

Densité. La texture poreuse rend difficile la détermination de la densité ; prise sans précaution spéciale, elle n'est parfois que de 2,58, mais la densité réelle paraît intermédiaire entre 2,74 et 2,80.

Propriétés optiques. Blanche ou légèrement jaunâtre. La caractéristique du minéral consiste en ce qu'il est optiquement positif et que les écailles concentriques sont perpendiculaires à la bissectrice aiguë ; l'écartement des axes optiques varie de 0 à 50° environ. La biréfringence est infiniment plus faible que celle des autres carbonates de calcium ($n_g - n_p = 0{,}02$ environ). L'indice médian est d'environ 1,605 ; celui de l'aragonite étant de 1,632 et celui de la calcite de 1,672.

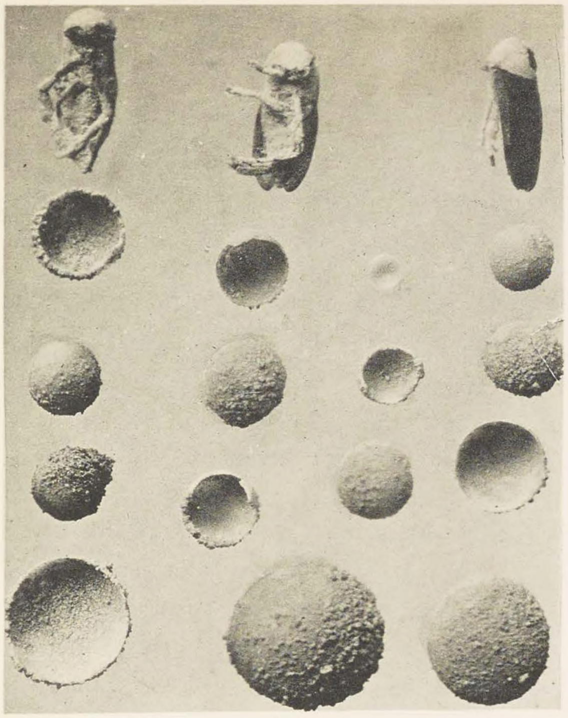
On trouvera tome II, dans le chapitre des Sources thermales, des photographies montrant l'aspect de pisolites de ctypéite examinés en lumière polarisée. Les déformations des pisolites qui parfois se sont mutuellement impressionnés démontrent que le minéral, au moment de sa formation, était plastique et probablement colloïde.

Propriétés chimiques. Carbonate de calcium pur ; chauffé dans le tube, se transforme au rouge naissant en calcite, mais, au lieu de décrépiter simplement comme l'aragonite, détonne violemment et peut même briser le tube, si celui-ci est suffisamment gros ; c'est de cette propriété que j'ai tiré le nom de ctypéite (κτύπεῖν) ; les autres propriétés pyrognostiques sont celles de la calcite et de l'aragonite. La réaction de Meigen donne les mêmes résultats que pour l'aragonite.

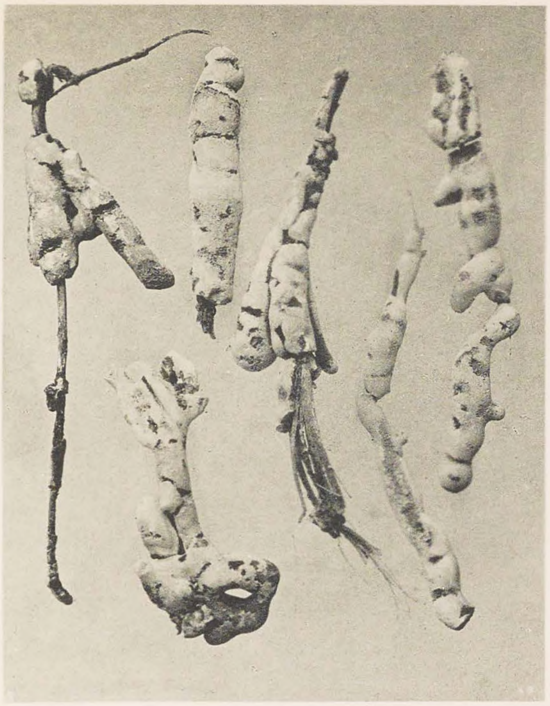
Diagnostic. Les propriétés optiques, la façon de se comporter à la chaleur sont caractéristiques, et ne permettent pas, à mon avis, de confondre ce minéral avec l'aragonite, comme on le fait généralement.

GISEMENTS

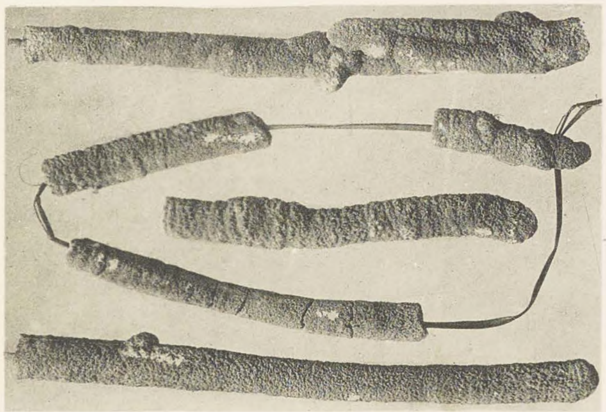
La ctypéite est un produit de sources bicarbonatées calciques ; elle se forme à leur griffon, dans des eaux agitées, par enrobement progressif de carbonate de calcium autour d'un petit fragment étranger. Quand le poids du pisolite est devenu suffisant, la pièce tombe au fond de l'eau et elle est bientôt cimentée par de l'aragonite.



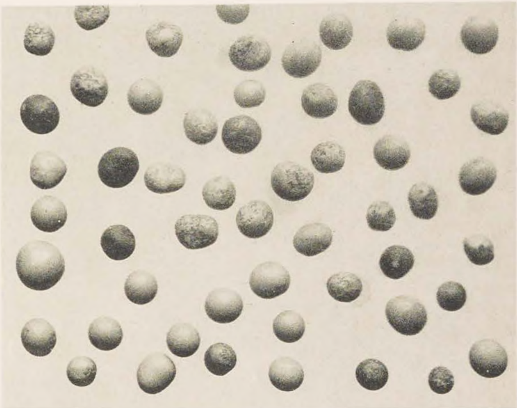
1



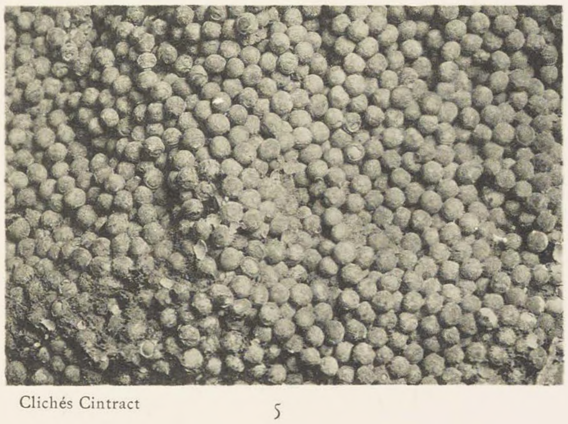
2



3



4



Clichés Cintract 5



6 Imp. Catala frères, Paris.

Aragonite (fig. 1) et *Calcite* (fig. 2 et 3) de formation actuelle ; sources d'Antsirabe. — *Clypéite ;* Mahatsinjo (fig. 4, 6) ; Andranomavo (pseudomorphoses en *calcite* (fig. 5).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

J'ai signalé antérieurement [26] la présence de la ctypéite dans les sources thermales de Mahatsinjo, au Nord-Ouest de l'Itasy. On trouvera dans le chapitre consacré aux *Sources thermales*, tome II, la description des conditions de son gisement. Il est intéressant de faire remarquer que dans cette source la ctypéite se forme à une température de + 29° C. seulement, tandis que dans les deux autres gisements, où le minéral est connu, il se produit à une température beaucoup plus élevée (+ 73°,7 à Carlsbad, + 95° C. à Hammam Meskoutine). Comme à Mahatsinjo, dans ces deux localités, l'eau thermale est riche en carbonate de calcium ; dans les deux cas, l'eau renferme en outre des chlorures alcalins. Cette observation est intéressante en montrant que la température n'est pas la cause qui détermine le carbonate de calcium à prendre cette forme.

Dans les griffons de Mahatsinjo, des pisolites, atteignant la grosseur d'un pois, peuvent être recueillis facilement à l'état libre (Pl. 11, fig. 4) ; quand ils sont agglomérés (Pl. 11, fig. 5), ils sont cimentés par de l'aragonite fibreuse ; il y a une grande irrégularité dans les dimensions de ces globules de ctypéite, certains griffons obturés, avoisinant celui qui est en activité aujourd'hui, renferment des agrégats de pisolites de ctypéite, ne dépassant pas la grosseur d'un grain de millet. Le noyau central des pisolites est constitué par un grain du quartz ou du feldspath du gneiss voisin.

Un griffon ancien de la source d'Andranomandevy de Migiko renferme des masses formées par des pisolites d'un blanc laiteux d'environ 2 millimètres de diamètre (Pl. 11, fig. 6), à aspect terne ; ils sont lâchement cimentés par de la calcite. Les écailles concentriques se décollent aisément sous forme de lames minces. Au microscope, on constate que ces pisolites sont constitués par des alternances de zones limpides, à structure fibreuse et de zones troubles à cristallinité confuse, avec pseudo-polychroïsme (maximum suivant n_p). Généralement, la partie centrale, entourant un fragment étranger (quartz ou feldspath) est à larges fibres et constitue la portion la plus cristalline. Par déplacement de l'objectif, ces parties fibreuses donnent, en lumière polarisée parallèle, le phénomène de la croix noire avec anneaux colorés, ce qui démontre qu'elles appartiennent à la calcite ; la réaction de Meigen confirme ce diagnostic. Il est incontestable que la forme actuelle des pisolites de ce gisement n'est plus celle sous laquelle ils ont été formés ; ils constituent des pseudomorphoses de ctypéite en calcite ; les zones de calcite confuse sont semblables à celles qui se rencontrent parfois par places dans les pisolites de Mahatsinjo. Il faut rapprocher ces pseudomorphoses de celles que j'ai rencontrées jadis au rocher des Célestins à

Vichy[1], mais dans ce gisement, la pseudomorphose est constituée par de l'aragonite.

J'ai indiqué déjà page 282 que des pisolites de ctypéite en partie transformés en calcite se trouvent dans les fentes des calcaires nummulitiques de la Montagne des Français.

On verra dans l'étude des Sources thermales, qu'aux alentours du Fonjay, on peut recueillir des roches présentant le même aspect extérieur que celles qui viennent d'être décrites, mais qui sont entièrement constituées par de la calcédoine et du quartz, avec parfois seulement un peu de calcite jalonnant les couches concentriques originelles des pisolites (cf. page 219). Il est très vraisemblable qu'il s'agit là de pseudomorphoses siliceuses de ctypéite.

GROUPE DE L'ARAGONITE

ARAGONITE

$CaCO^3$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0,6216 : 1 : 0,7204$; $mm = 116°16'$. Macle constante suivant m (110), conduisant à des groupements pseudohexagonaux. Clivages : net suivant g^1, difficiles suivant m (110) et e^1 (011). Cassure conchoïdale et inégale.

Dureté. 3,5 à 4. *Densité.* 2,93.

Propriétés optiques. Incolore, mais prenant différentes couleurs sous l'influence d'oxydes métalliques ou d'inclusions.

Éclat vitreux, résineux dans la cassure.

Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Optiquement négative ; bissectrice aiguë, normale à p. n_g (Na) $= 1,68589$, $n_m = 1,68157$, $n_p = 1,53013$, $2V = 18°11'$; $2E = 30°54'$.

Propriétés chimiques. Comme la calcite, mais renferme parfois un peu de strontium, etc. Dans le tube, au rouge, décrépite, se transforme en calcite qui se dissocie à plus haute température. Les autres réactions sont celles de la calcite.

Diagnostic. En l'absence de formes géométriques, la distinction avec la calcite est tirée de l'absence de clivages rhomboédriques et de la densité supérieure à 2,9. On peut employer aussi la réaction de Meigen ; la poudre d'aragonite, chauffée pendant quelques minutes dans une solution étendue d'azotate de cobalt, prend une couleur lilas, tandis que la calcite, d'abord sans changement, se colore lentement en bleu clair.

1. *Minér. France*, t. III, p. 684, fig. 24.

GISEMENTS

Sources thermales.

L'aragonite se rencontre au point d'émergence de certaines sources bicarbonatées calciques ; dans quelques-unes d'entre elles, elle forme des masses concrétionnées d'une grande beauté, tantôt à fibres très longues et très serrées (Mahatsinjo, sur le Mazy) ; elles pourraient être employées pour l'ornementation et tantôt à fibres plus grossières (Antsiravory, Andranomandevy de Migiko).

Plus rarement, elle tapisse des géodes, sous forme de petites aiguilles transparentes, allongées suivant l'axe vertical ; et elles paraissent ne présenter que des formes communes, qu'il n'a pas été été possible de préciser par des mesures, à cause de leurs trop petites dimensions (Antsiravory).

On trouvera à la description des sources d'Antsirabe (Tome II) l'indication de la formation d'aragonite finement cristalline sur des insectes et sur des bulles de gaz, se dégageant de l'eau à $+52°$ C. (Pl. 11, fig. 1), alors que dans les parties refroidies du captage, le carbonate de calcium incruste les herbes voisines sous forme de calcite.

Sédiments.

Des veinules d'aragonite bacillaire se trouvent dans les argiles à Dinosauriens d'Ankazomihaloka, au Sud de Marovoay.

M. J. Giraud a signalé [195] des veines d'aragonite dans les sédiments gréseux liasiques, près de filons de diabase (Mont Ankazomena dans la région de Beravina et kilomètre 61,5 au Nord d'Itondy, près de Miandrivazo). Ces échantillons n'ayant pas été étudiés dans le laboratoire, il est possible qu'ils soient constitués par de la calcite bacillaire.

CÉRUSITE

CO^3Pb.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0,60997 : 1 : 0,72300$; $mm = 117° 14'$. Macles suivant m (110) et suivant g^2 (130). Clivages : assez nets suivant m (110), $e^{1/2}$ (021), à peine indiqués suivant g^1 (010) et e^2 (012).

Dureté. 3 à 3,5. *Densité.* 6,57.

Propriétés optiques. Incolore, blanc ou noir, quelquefois coloré par des oxydes métalliques. Éclat adamantin ou résineux, métallique dans les cristaux noirs. Transparente à translucide.

Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Optiquement négative ; bissectrice aiguë, normale à p. Forte dispersion $\rho > v$. $n_g = 2{,}0780$, $n_m = 2{,}0763$, $n_p = 1{,}8037$; $2V = 8^\circ 14'$; $2E = 17^\circ 8'$.

Propriétés chimiques. La formule $PbCO^3$ correspond à la composition CO^2 16,5 ; PbO 83,5.

Dans le tube fermé, décrépite, se dissocie, jaunit (PbO) puis, à haute température devient jaune, puis rouge sombre pour redevenir jaune par refroidissement.

Facilement fusible au chalumeau ; donne sur le charbon, au feu réducteur, un globule de plomb malléable.

Soluble avec effervescence dans l'acide azotique étendu.

Diagnostic. Se distingue de l'anglésite par sa solubilité dans l'acide azotique et par ses propriétés optiques. L'éclat adamantin et les réactions du plomb permettent facilement la distinction avec l'aragonite dont elle est isomorphe.

GISEMENTS

La cérusite est le minéral le plus fréquent parmi ceux qui résultent de l'oxydation de la galène. Elle s'observe donc aux affleurements de tous les gisements renfermant ce minéral.

Je citerai en particulier la région d'Andavakoera, les environs d'Ambatofangehana (notamment Ampiadiambato) et Ampandrana entre l'Ivato et la Mania, mais dans aucun d'entre eux, la cérusite ne se présente avec des particularités dignes d'être notées. Ou bien elle forme des masses compactes plus ou moins noires, reconnaissables à l'éclat adamantin de leur cassure, ou bien des agrégats de petits cristaux indistincts. A Ampandrana, la cérusite compacte épigénise des veinules de galène traversant un calcaire ; les cristaux qui tapissent de petites cavités ne sont pas déterminables.

II. CARBONATES BASIQUES ET FLUOCARBONATES

HYDROZINCITE

$CO^3Zn \cdot 2Zn[OH]^2$.

Ce carbonate basique de zinc forme des masses à aspect terreux, concrétionnées, mamelonnées ou stalactiformes dont la structure cristalline n'est visible qu'au microscope.

Dureté. 2 à 2,5. *Densité.* La densité apparente est de 3,58 à 3,8 ; le minéral est poreux et happe à la langue.

Propriétés optiques. Blanche, grisâtre ; aspect souvent terreux ou crayeux.

Propriétés chimiques. La formule $ZnCO^3 . 2Zn[OH]^2$ correspond à la composition : CO^2 13,6 ; ZnO 75,3 ; H^2O 11,1. Mêmes propriétés pyrognostiques que la smithsonite, mais en outre donne de l'eau dans le tube.

GISEMENTS

Voir à *smithsonite*.

AURICHALCITE

$2CO^3(Zn, Cu) . 3(Zn, Cu)[OH]^2$.

L'aurichalcite constitue des lames minces, à formes irrégulières, plus rarement des aiguilles, groupées en rosettes, en agrégats divergents. Les propriétés optiques conduisent à penser que le minéral est orthorhombique. Clivage micacé suivant la face d'aplatissement.

Dureté. 2. *Densité.* 3,54 à 3,64.

Propriétés optiques. Vert pâle, vert de gris, bleu de ciel, transparente en lames minces. Éclat nacré très vif sur le clivage qui est parallèle au plan des axes optiques.

Propriétés chimiques. Dans la formule donnée plus haut, le rapport Zn : Cu est variable ; dans le cas 5 : 2, la composition est la suivante : CO^2 16,1 ; ZnO 53,2 ; CuO 20,8 ; H^2O 9,9.

Dans le tube fermé, noircit, donne de l'eau. Infusible au chalumeau, mais colore la flamme en vert intense (Cu).

Soluble dans les acides avec effervescence.

Diagnostic. Les propriétés physiques et chimiques des lamelles ne permettent de confondre l'aurichalcite avec aucun autre carbonate.

GISEMENTS

Voir à *smithsonite*.

MALACHITE

$CO^3Cu . Cu[OH]^2$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0,88093 : 1 : 0,40118$; $zx = 61° 50'$; $mm = 104° 20'$. Macle suivant h^1 (100) très fréquente.

Clivages : p (001) parfaits, moins faciles suivant g^1. Cassure inégale.

Dureté. 3,5 à 4. Fragile. *Densité.* 3,9 à 4,03.

Propriétés optiques. Vert foncé (vert malachite). Éclat adamantin, un peu vitreux dans les cristaux, soyeux dans les types fibreux. Transparente.

Plan des axes optiques parallèle à g^1. Optiquement négative ; bissectrice aiguë faisant 23° 10′ avec c dans l'angle obtus ph^1. $n_m = 1,87$; $2V = 44° 7'$. Polychroïsme net dans les teintes vertes.

Propriétés chimiques. La formule $CuCO^3 . Cu[OH]^2$ ou $CO^2 CuO . CuOH^2O$ correspond à la composition : CO^2 19,9 ; CuO 71,9 ; H^2O 8,2.

Dans le tube fermé, noircit et donne de l'eau ; fusible au chalumeau en colorant la flamme en vert émeraude ; sur le charbon, au feu réducteur, donne un bouton de cuivre.

Soluble dans les acides avec effervescence ; soluble dans l'ammoniaque.

Diagnostic. La malachite en fibres et en petites aiguilles possède à peu près la même couleur que l'atacamite, la brochantite et la pseudomalachite. Elle s'en distingue par sa solubilité dans les acides avec effervescence et par ses propriétés optiques.

GISEMENTS

La malachite est, à Madagascar, le minéral oxydé le plus fréquent comme produit d'altération des minéraux cuprifères et on la trouve sans exception dans tous les gisements décrits aux articles du cuivre, de la chalcopyrite, de la chalcosite et de l'érubescite.

Mais elle est particulièrement abondante dans les gisements du Sud de Betafo (Mandro, etc.) et dans ceux d'Imaina, où j'ai observé des épigénies progressives de la chalcosite en malachite et des masses concrétionnées de ce dernier minéral, dont les fibres soyeuses atteignent 2 centimètres. A Mandro, des cristaux d'épidote sont parfois englobés dans la malachite fibreuse.

Les affleurements du gîte d'érubescite du Sud-Ouest de Vohémar (entre la rivière Antsahandrevo et Antsatrotro) fournissent de belles masses concrétionnées, fibreuses, de malachite ; il en est de même pour ceux d'Ambatofangehana (avec parfois association de malachite aciculaire et de brochantite de même couleur).

A Ambatofangehana, la malachite se rencontre non seulement comme épigénie de l'érubescite et de la chalcopyrite, mais encore dans les cipolins qui encaissent le gîte. Les solutions cuprifères résultant de l'oxydation des minerais sulfurés subissent une décomposition au contact du calcaire et transforment peu à peu celui-ci en malachite concrétionnée, finement grenue, qui englobe les minéraux métamorphiques (mica, etc.) non altérés.

A Bedihy, la malachite, résultant de la décomposition de la chalcosite, forme dans les fentes d'un calcaire fendillé des houppes de petites aiguilles soyeuses d'un vert vif : elle existe avec le même aspect à Anosivola (au Sud de la Manambovona) ; dans le quartz (mamelons fibreux), elle semble occuper incomplètement la place d'un sulfure disparu.

CHESSYLITE (AZURITE)

2 $CuCO^3 . Cu[OH]^2$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0,8469 : 1 : 0,8789$; $zx = 87°39'$; $mm = 99°31'$. Macles rares suivant a^1 (101) et $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$).

Clivages : parfaits, mais interrompus, suivant $e^{1/2}$ (021), distincts suivant h^1 (100), très difficiles suivant m (110). Cassure conchoïdale.

Dureté. 3,5 à 4. *Densité.* 3,77 à 3,83.

Propriétés optiques. Bleu de diverses nuances suivant l'épaisseur des cristaux, depuis le bleu de Prusse presque noir, jusqu'au bleu de ciel. Poussière de couleur plus claire que les cristaux. Transparente en lames minces seulement. Éclat vitreux tirant sur l'adamantin. Pléochroïsme très faible.

Optiquement positive ; plan des axes optiques perpendiculaire à g^1. Bissectrice aiguë faisant 12°39' avec c, dans l'angle aigu ph^1 ; elle est presque perpendiculaire à p. $2E = 151°$.

Propriétés chimiques. La formule $2CuCO^3 . Cu[OH]^2$, ou $2CO^2CuO . CuOH^2O$ $2CO^2 . H^2O$ correspond à la composition : CO^2 25,6 ; CuO 69,2 ; $2H^2O$ 5,2.

Mêmes réactions pyrognostiques que pour la malachite.

Diagnostic. La chessylite ne peut être confondue qu'avec la linarite ; elle s'en distingue en ce qu'elle se dissout dans les acides avec effervescence, et sans résidu.

GISEMENTS

La chessylite est aussi l'un des produits d'oxydation des minerais cuprifères. Elle semble être surtout fréquente dans les veines quartzeuses aurifères de l'Ouest d'Ikalamavony, où elle imprègne quelquefois aussi le gneiss : on trouve à Imaina en particulier, de jolis échantillons dépourvus de cristaux distincts, mais formant des masses bleues très cristallines. Dans la même région, la chessylite se trouve avec le même aspect à Anosivola.

J'en ai vu également de petits cristaux, peu nets, à Ambatofangehana et dans le gisement voisin d'Ampiadiambato.

D'assez jolis échantillons de chessylite (cristaux peu distincts) ont été trouvés récemment dans les fentes du basalte altéré d'Ianambana (15 kilomètres Sud de Vohémar).

BISMUTHOSPHÉRITE

CO^5Bi^2

La bismuthosphérite n'est connue qu'en épigénies de la bismuthinite ou du bismuth natif, à l'état de masses compactes ou pulvérulentes, formées aux dépens de ces minéraux.

Dureté. 4 à 4,5. *Densité.* 6,81 à 7,7.

Propriétés optiques. Blanche, gris verdâtre, jaune parfois teinté de vert. Éclat vitreux, un peu gras et très éclatant sur les clivages du minéral originel. Aspect terne dans les variétés impures ou terreuses.

Propriétés chimiques. La formule CO^5Bi^2 ou $CO^2Bi^2O^3$ correspond à la composition suivante CO^2 18,7; Bi^2O^3, 91,3.

Dans le tube fermé, donne de l'eau ; à haute température, fond en un liquide rouge, se solidifiant en une masse vitreuse jaune. Sur le charbon, donne du bismuth métallique et, au feu oxydant, fournit un enduit jaune d'oxyde.

Soluble avec effervescence dans les acides ; la solution donne un précipité blanc, par addition d'eau.

Diagnostic. La dissolution avec effervescence dans les acides, le précipité blanc obtenu par addition d'eau dans la solution, enfin la densité sont caractéristiques de ce carbonate, qui se distingue de la bismuthite par l'absence d'eau.

GISEMENTS

J'ai montré plus haut (pages 156 et 168) que le bismuth natif de Samiresy et les gros prismes de bismuthinite d'Ampangabe (Pl. 12, fig. 2), sont transformés en bismuthosphérite, avec persistance de leurs clivages originels ; ceux-ci donnent des surfaces extrêmement brillantes, d'un blanc grisâtre, avec éclat un peu métallique.

L'examen microscopique fait voir qu'il n'y a aucune relation géométrique entre le carbonate et le minéral originel ; la bismuthosphérite est concrétionnée, sans orientation uniforme. J'ai pu constater seulement qu'elle est très biréfringente et biaxe. Il me semble probable que la puchérite qui forme de petites taches ou des enduits rouges au milieu d'elle a été produite à ses dépens.

La bismuthosphérite se trouve sous la même forme dans les pegmatites à béryl du voisinage d'Ampangabe (Sahamandrevo et Antoby, à l'Est d'Ingalana), de Fiadanana sur le Kitsamby, d'Ambatofotsy (avec betafite), de Soavina près Samiresy, du mont Vohitrambo (région de Tsaratanana) et aussi de Fefena ; dans ce dernier gisement, elle constitue non seulement de gros cristaux, mais aussi des masses de plusieurs kilogrammes, généralement impures, jaune citron, tachetées de vert.

Au mont Vohimena (6 kilomètres au Nord d'Ikalamavony), il existe un gisement intéressant, où la bismuthosphérite est souvent colorée en noir par un reste de bismuthinite ; elle englobe de grandes lames de muscovite ou est enveloppée par elle ; elle est associée au quartz et au béryl. Le même minéral a été recueilli sur la rivière Iafo, à l'Ouest de Solila.

L'analyse suivante a été faite par M. Raoult sur le minéral d'Ampangabe : elle montre qu'il appartient à la bismuthosphérite et non point, comme je l'avais

supposé tout d'abord, à la bismuthite, qui renferme une quantité variable d'eau (3 à 5 pour 100)

Bi^2O^3.	88,65
PbO.	0,44
CaO.	1,20
CO^2.	9,53
H^2O.	0,08
	99,90

L'examen spectroscopique indique des traces d'argent.

Gisement douteux. — Dans son mémoire sur les minerais d'or, M. Gascuel [238] signale que dans quelques gisements (environs d'Andranofito, Soavinarivo, Ialatsara), se concentre avec l'or, dans les fonds de batée, une poudre jaune qu'il a attribuée au carbonate de bismuth, sans en donner la preuve. Cette indication paraît peu vraisemblable, ce minéral étant très tendre et trop fragile pour subsister dans un semblable milieu. Ne serait-ce pas plutôt de la monazite ou de la pyromorphite ?

BASTNAÉSITE

$(CO^3)^3[(Ce, La, Di)F]^3$.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique et isomorphe de la parisite. Parfois plans de séparation faciles suivant a^1 (0001).

Dureté. 4,5. *Densité.* 4,948 à 4,831 (Itorendrika).

Propriétés optiques. Jaune clair sur les plans de séparation qui possèdent un éclat nacré très vif; jaune à brun rouge, avec éclat gras dans les autres directions. Translucide à transparente.

Uniaxe et optiquement positive: $n_g = 1,8242$; $n_p = 1,7225$ (Bastnaës, M. Per Geijer) $= 1,7145$ (Itorendrika). Très biréfringente ($n_g - n_p = 0,1017$). Léger polychroïsme en plaques très épaisses, avec maximum suivant n_g.

Propriétés chimiques. La formule donnée plus haut a été mise sous cette forme, afin de montrer l'analogie de la bastnaésite avec la parisite $(CO^3)^3[(Ce, La, Di)F]^2Ca$ qui présente la même forme cristalline et les mêmes propriétés optiques.

Infusible au chalumeau, en devenant blanche et opaque.

Difficilement attaquable à chaud par l'acide chlorhydrique et facilement par l'acide sulfurique, avec dégagement d'acide carbonique et de fluor.

Diagnostic. La bastnaésite est caractérisée par ses propriétés optiques jointes à ses propriétés pyrognostiques ; elle montre au microscope les raies d'absorption du didyme.

GISEMENTS

En 1912, j'ai signalé ce minéral, fort rare[1] jusqu'alors, comme existant à l'Ouest d'Ambositra [56 et 75]. Depuis lors, j'ai pu préciser son gisement qui se trouve dans les pegmatites syénitiques des bords de l'Imorona, d'Itorendrika à Ifasina, puis dans le voisinage, à Ambahy et entre Ambohimahatahotra et Marovoalavo. La bastnaésite accompagne la tscheffkinite, la torendrikite, l'aegyrine, la biotite, l'hématite, la magnétite, etc., dans la terre rouge. Elle est généralement dépourvue de toute gangue; ce n'est qu'exceptionnellement qu'on la voit associée à l'hématite ou enveloppée dans de la calcédoine secondaire. Certains échantillons pèsent plus d'un kilogramme. Ils sont fréquemment recouverts d'un enduit très mince de psilomélane qu'il est facile d'enlever par un traitement à l'acide chlorhydrique froid.

Ses cristaux sont généralement ternes ; ce sont des prismes hexagonaux basés, très aplatis suivant la base (fig. 177), et atteignant jusqu'à 5 ou 6 centimètres de diamètre. Ils constituent fréquemment des agrégats cloisonnés.

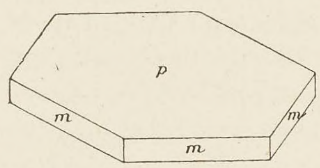


Fig. 177. — Bastnaésite d'Itorendrika.

Deux variétés sont à distinguer, l'une plus foncée, de couleur brune ne présente pas de clivage, l'autre au contraire possède des plans de séparation basiques très éclatants, fournissant facilement des lames minces transparentes d'un beau jaune. M. Kœchlin a avancé [24] que ces plans de séparation sont d'origine secondaire; cette opinion me semble justifiée, car j'ai constaté que les cristaux qui les présentent sont parfois fracturés et que leur surface est ondulée.

Associée à la tscheffkinite, la bastnaésite se rencontre aussi dans les aplites syénitiques, accompagnant la pegmatite.

Enfin, il me reste à signaler une autre manière d'être de la bastnaésite ; intimement mélangée à des aiguilles de rutile, de l'hématite et du quartz microscopiques, elle constitue des croûtes (Pl. 7, fig. 1) d'un brun noir verdâtre, vaguement fibreuses qui épigénisent plus ou moins complètement les cristaux de tscheffkinite. Je considère ces pseudomorphoses comme d'origine pneumatolytique (voir *tscheffkinite*).

Ces gisements malgaches sont ceux qui, de beaucoup, fournissent les plus beaux échantillons connus de bastnaésite.

Des échantillons semblables à ceux qui viennent d'être décrits et, eux aussi,

1. Il n'est connu qu'à Pike's Peak (Colorado), où il épigénise la tysonite dans une pegmatite et à Bastnaës (Suède), où il ne forme que de petites plages engagées dans la cérite.

accompagnés de gros cristaux d'hématite, m'ont été remis comme provenant du Sud du mont Marotampona, sur la rive droite de la Mania, à 4^{km},5 au Sud-Est de Laondany. Ce gisement serait donc situé au Nord des précédents : je le signale sous bénéfice d'inventaire, n'ayant pu faire vérifier cette observation.

L'analyse *a* a été faite par M. Pisani sur la bastnaésite malgache; *b*. bastnaésite de Bastnaës par Nordenskiöld (*Ov. K. Vetensk. Akad. Forh. Stockholm*, t. 25, 1868, p. 399).

	a	*b*
CO^2	20,20	19,50
F	6,23	7,42
Ce^2O^3	40,50	29,94
$(La.Di)^2O^3$	36,30	45,77
P^2O^5	0,60	»
	103,83	102,62
$-O(=F^2)$	2,61	3,11
	101,22	99,52

L'examen spectroscopique indique des traces de calcium, baryum et strontium.

PARISITE

$(CO^3)^3[(Ce, La, Di)F]^2Ca$.

Rhomboédrique. $c = 3,9368$ (Palache). La parisite est une bastnaésite calcique; elle en possède toutes les propriétés physiques, avec une *densité* plus faible (4,36) et des particularités chimiques résultant de la présence d'environ 7 pour 100 de chaux; la réfringence est aussi moins élevée, $n_g = 1,757$, $n_p = 1,676$.

GISEMENTS

M. Ungemach a décrit [106] un cristal (2 centimètres sur 1 centimètre) de parisite, trouvé, avec bastnaésite, dans la région d'Ifasina-Itorendrika. Il est jaune paille, terne et clivable suivant la base à sa périphérie; jaune de miel, très éclatant et dépourvu de plans de séparation dans sa partie centrale. Les formes dominantes (fig. 178) sont e^3 $(40\bar{4}1)$, e^1 $(02\bar{2}1)$, $e^{5/3}$ $(08\bar{8}1)$; p $(10\bar{1}1)$ est remplacé par des faces vicinales très striées; il existe encore $e^{11/4}$ $(50\bar{5}1)$, d^1 $(11\bar{2}0)$ et quelques formes indéterminables.

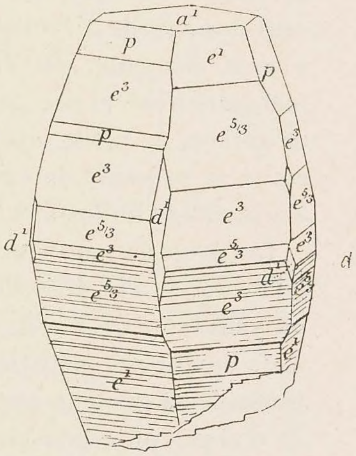


Fig. 178. — Parisite d'Itorendrika.

AMBATOARINITE

$5\,CO^3Sr \,.\, 4\,(CO^3)^3(Ce, La, Di)^2 \,.\, (Ce, La, Di)^2O^3$.

J'ai désigné sous ce nom un minéral blanc, grisâtre ou rosé, dépourvu de clivages, à cassure conchoïdale et à éclat gras. Il est orthorhombique; ses cristaux, toujours engagés dans la calcite, présentent un prisme voisin de 92°.

Propriétés optiques. Le plan des axes optiques est parallèle à g^1. Le minéral est optiquement négatif; la bissectrice aiguë est parallèle à c; n_g et $n_p = 1{,}658$; la biréfringence est voisine de 0,08.

Propriétés chimiques. La formule donnée plus haut est déduite de l'analyse donnée plus loin.

Facilement soluble avec effervescence dans l'acide chlorhydrique. La solution précipite en blanc par addition d'une solution de sulfate de chaux (SrO); acidifiée, elle donne par l'acide oxalique un abondant précipité de terres cériques.

Diagnostic. Ce minéral ne peut être confondu avec l'*ancylite* ($3CO^3Sr \,.\, 4CO^3Ce[OH] \,.\, 3H^2O$); il s'en distingue en ce qu'il ne contient pas d'eau et qu'il est optiquement négatif, alors que l'ancylite est optiquement positive.

GISEMENTS

J'ai décrit sous ce nom [83] un minéral constituant un élément, souvent assez abondant, de veines à structure pegmatique que j'ai observées au milieu du calcaire à imerinite d'Ambatoarina, à l'Est d'Ambatofangehana. La roche, très dense, à gros éléments, est essentiellement constituée par de la calcite, légèrement manganésifère, et par de la célestite, avec un peu de quartz, d'albite, des mouches de galène, de petits cristaux jaunes de monazite, etc. Au microscope, l'ambatoarinite se présente en cristaux groupés à axes parallèles pour former des squelettes à orientation uniforme qu'englobent la calcite et la célestite.

Les propriétés optiques font remarquer immédiatement ce minéral, tandis qu'à l'œil nu, il est très difficile de le distinguer de la célestite. Cependant, en broyant la roche, en éliminant la plus grande partie de la calcite par suspension dans l'iodure de méthylène, il est possible de le concentrer et de le reconnaître à cause de sa couleur souvent rosée ou grisâtre due à des inclusions ferrugineuses. Je n'ai pas pu cependant le purifier complètement et l'analyse a dû être faite en attaquant les minéraux lourds (débarrassés du reste de la calcite par l'acide acétique étendu) par l'acide chlorhydrique étendu. On dissout ainsi environ 19 pour 100 d'ambatoarinite qui a la composition *a*, après déduction d'une très petite

quantité de SO^3Sr disssoute (M. Pisani) ; je donne en *b* la composition ramenée à 100.

	a	*b*
CO^2	4,81	25,4
Ce^2O^3	6,50	34,1
$(La, Di)^2O^3$	4,30	22,7
SrO	3,35	17,8
	18,96	100,0

Le résidu insoluble est constitué par de la célestite (28,70 pour 100), et par un mélange de quartz, de feldspath, de monazite (49,41 pour 100) qui leste ou englobe l'ambatoarinite.

Ce nouveau minéral est tout à fait remarquable : on ne connaissait en effet, et comme extrême rareté, qu'un seul carbonate de strontium et de métaux cériques, l'*ancylite* qui est un produit pneumatolytique d'une pegmatite alcaline du Groenland.

A Madagascar, l'ambatoarinite a aussi une origine pneumatolytique, puisqu'elle s'est produite dans un calcaire métamorphisé par le granite ; il faut noter son association à la célestite et à la monazite qui, l'une et l'autre, ont avec l'ambatoarinite un élément commun émané du magma éruptif.

III. CARBONATES HYDRATÉS

THERMONATRITE — NATRON

$CO^3Na^2 . H^2O$. — **$CO^3Na^2 . 10H^2O$.**

Le premier de ces minéraux est *orthorhombique* et le second *monoclinique*. Dans la nature, tous deux ne forment que rarement des cristaux déterminables; ils sont incolores et possèdent une saveur alcaline.

Dureté. 1 à 1,5. *Densité*. 1,5 à 1,6 (thermonatrite) ; 1,42 à 1,46 (natron).

Propriétés chimiques. Ces deux hydrates de carbonate de sodium possèdent la composition chimique suivante :

	CO^2	Na^2O	H^2O
Thermonatrite	35,5	50,0	14,5
Natron	15,4	21,7	62,9

Tous deux sont solubles dans l'eau, en fournissant une réaction alcaline et aussi dans les acides (avec effervescence). Ils fondent facilement au chalumeau, en colorant la flamme en jaune intense.

Diagnostic. La thermonatrite et le natron se distinguent aisément l'un de l'autre par leur teneur en eau.

GISEMENTS

On verra dans le tome II (*Sources thermales*), que les trois quarts des dépôts salins de la source thermale d'Antsirabe sont constitués par du carbonate de sodium ; celui-ci y existe à divers états d'hydratation, soit à l'état de natron en très petits cristaux indistincts, soit à l'état de thermonatrite résultant de la déshydratation de celui-ci, ou d'une cristallisation directe suivant la température à laquelle elle s'est effectuée [au-dessous de + 20° C (*natron*), au-dessus de + 25° C (*thermonatrite*)].

J'ai recueilli une certaine quantité de ces sels et les ai placés, sans dessiccation préalable, dans un flacon bouché à l'émeri. En arrivant en France, j'ai constaté que le produit avait complètement changé d'aspect, sans doute par suite des variations de température auxquelles il a été soumis pendant le voyage de retour. Il s'est produit une dissolution partielle suivie de recristallisation.

A la place des efflorescences à fins éléments uniformes que j'avais recueillies, se trouvaient de gros cristaux limpides de natron de 1 centimètre de plus grande dimension, englobés dans un agrégat de cristaux plus petits de thermonatrite et de mirabilite, mélangés à de petits cubes de sylvite.

Il est vraisemblable que ces carbonates de sodium entrent dans la constitution des efflorescences d'autres sources thermales de Madagascar, mais je ne puis faire la démonstration de cette hypothèse.

VI

MANGANITES

PSILOMÉLANE

$MnO^2 . x RO . y H^2O.$

Les minéraux désignés sous le nom de *psilomélane* sont assez divers ; pendant longtemps, ils ont été considérés comme amorphes. J'ai montré, il y a une vingtaine d'années, que le type constituant le minerai exploité à Romanèche (Saône-et-Loire) possède une structure cristalline et une composition fixe, je l'ai appelé *romanéchite* ; peu après, M. Fermor a décrit sous le nom de *hollandite* un minéral, sans doute identique ou très analogue, se présentant en cristaux quadratiques ; il a admis qu'à côté de cette forme cristalline, il existe une variété colloïde de même composition chimique. Il ne me paraît pas évident qu'une telle structure doive être attribuée aux variétés compactes, terreuses ou subériformes désignées sous le nom de *wad*. L'opacité de ces corps ne permet pas de chercher s'ils n'auraient pas plutôt une structure cristalline, à éléments très fins. Quoi qu'il en soit, n'ayant pas d'analyses détaillées de ces minéraux provenant des gisements malgaches, j'emploierai ci-dessous le mot de *psilomélane* dans un sens très compréhensif.

Dureté. 5 à 6, diminuant dans les variétés peu cohérentes. *Densité.* 3,7 à 4,7.

Propriétés optiques. Noire de fer à grise d'acier. Éclat métallique dans les variétés fibreuses, aspect quelquefois irisé dans les variétés subériformes. Aspect terreux.

Propriétés chimiques et diagnostic. Les psilomélanes sont des manganites de composition complexe, dans lesquels la base est surtout constituée par MnO, souvent associé à BaO. Il existe des variétés cobaltifères (*asbolite*), potassiques (*ebelménite*), cuprifères (*lampadite*), etc. Les psilomélanes présentent le caractère commun de donner de l'eau dans le tube, de perdre de l'oxygène par calcination et d'être solubles dans l'acide chlorhydrique, avec dégagement de chlore. Ce caractère est partagé par l'hydroxyde de manganèse, mais la teneur en eau est plus forte dans la manganite [Mn(OH)] qui en renferme 10,3 pour 100.

La fréquence de bases, autres que l'oxyde manganeux, constitue en outre un bon diagnostic différentiel d'avec ce dernier minéral.

GISEMENTS

A Madagascar, la psilomélane paraît être toujours un minéral d'altération superficielle. Il faut distinguer dans ses gisements ceux qui sont indépendants de la terre rouge et ceux qui se rencontrent au milieu d'elle.

Roches non latéritisées.

Au Sud de Faratsiho ,la psilomélane forme, avec faratsihite et opale, des veinules dans un trachyte phonolitique altéré (Cf. page 270). Des renflements de ces veinules contiennent des géodes que tapissent des croûtes épaisses de psilomélane à structure fibreuse et à surface botroïde.

J'ai vu des échantillons semblables provenant des gneiss du mont Sarobaratra, au Sud d'Antsofimbato (Ouest de Tsinjoarivo).

La psilomélane se rencontre aussi sous la même forme, aux affleurements de certains filons de quartz (région de l'Antsiatsia, affluent de la Mahavavy du nord), enfin dans les fentes de certains basaltes (Antsolifara, au Sud d'Antsirabe).

Les pegmatites renferment souvent de petits nodules noirs de psilomélane, à aspect terreux ; lorsqu'on les traite par l'acide chlorhydrique, on met généralement en évidence un résidu de grenat intact qui, dans les pegmatites sodo-lithiques, est de la spessartite (Maharitra, Tsilaizina) et dans les pegmatites potassiques de l'almandin-spessartite (Tongafeno, Ampangabe, etc.). Dans ce dernier cas, la psilomélane est généralement tachetée de jaune par un mélange avec de la limonite.

La psilomélane ne se trouve pas seulement sur le cadavre des minéraux manganésifères, elle imprègne aussi le quartz, les feldspaths et les autres minéraux de la pegmatite et les teinte en noir.

Dans la terre rouge.

La latérite et les argiles latéritiques renferment fréquemment des nodules noirs, terreux, traçants, de psilomélane (région d'Ambatondrazaka, à 2 kilomètres Ouest du gisement nickélifère) ; quelquefois, le minéral s'agglomère en pisolites [Merikomasina, à l'Est d'Inanatonana ; Ambohijafy, au Nord de Fenoarivo (Ouest de Tananarive)], ou bien elle englobe des grains de quartz (près Ambohidratrimo, près de la forêt de l'Est). D'autres fois enfin, elle enveloppe certains minéraux (euxénite des environs de Samiresy, bastnaésite d'Itorendrika, etc.).

Enfin des rognons botroïdes d'une psilomélane, un peu barytique, à structure fibreuse, se trouvent dans la terre rouge du granite entre le Belambo et le Betaimby (région de Maevatanana).

Sédiments.

La psilomélane, quelquefois cobaltifère (asbolite), constitue des imprégnations locales dans certains quartzites anciens de l'île (région d'Ambatofangehana ; Soavinimerina, à 30 kilomètres Ouest-Nord-Ouest de Tananarive, etc.), aussi bien que dans des roches plus récentes, telles que les grès crétacés entre la Sakamare et la Taheza.

Enfin, de petits nodules irréguliers de psilomélane, non barytifère, se trouvent dans les argiles jaunes sédimentaires d'Ambodimadiro, au Sud-Ouest de Vohémar.

Notons enfin que les dendrites et les enduits, si fréquents dans les diaclases des calcaires sédimentaires et d'autres roches, sont généralement constitués par de la psilomélane plus ou moins ferrifère[1].

1. Rouquette m'a signalé l'existence de filons d'un minerai de manganèse dans l'Androy, entre Bekitro et le Manambovo, près de la route d'Antanimora ; peut-être s'agit-il là de psilomélane ? Je n'ai pas vu d'échantillons provenant de ce gisement.

VII

SULFATES

I. SULFATES ANHYDRES

GROUPE DE LA BARYTINE

BARYTINE

SO^4Ba.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a:b:c = 0{,}81461:1:1{,}31269$; $mm = 101°40'$. Clivages : parfaits suivant p (001), et m (110), imparfaits suivant g^1 (010). Cassure inégale.

Dureté. 2,5 à 3,5. Fragile. *Densité.* 4,3 à 4,6.

Propriétés optiques. Incolore, blanche, jaune, brune, bleue. Transparente, translucide ou opaque. Éclat vitreux, un peu résineux.

Plan des axes optiques parallèle à g^1. Optiquement positive. Bissectrice aiguë perpendiculaire à h^1 (100). $n_g = 1{,}6491$ (Raie D), $n_m = 1{,}6381$, $n_p = 1{,}6369$; $2V = 37°28'$; $2E = 63°12'$.

Propriétés chimiques. La formule $BaSO^4$ correspond à la composition : SO^3 34,3 ; BaO 65,7 ; un peu de baryum peut être remplacé par du strontium, du calcium.

Décrépite et fond au chalumeau, en colorant la flamme en vert jaune livide. Chauffée au feu réducteur, après avoir été imbibée d'acide chlorhydrique, colore la flamme en vert livide.

Insoluble dans les acides.

Diagnostic. La coloration de la flamme, la valeur de la densité et des indices de réfraction permettent de distinguer la barytine de la célestite. Si l'on fait bouillir la poudre de ces deux sulfates avec une solution concentrée de carbonate et de sulfate de potassium, la célestite seule se transforme en carbonate, facilement soluble dans l'acide chlorhydrique ; en l'absence de sulfate de potassium, la barytine se carbonate.

GISEMENTS

Filons.

M. Perrier de la Bathie a signalé [206] sur le Bongolava des veinules de barytine laminaire et de quartz, dans les gneiss à Ambodiriana (Nord d'Ankavandra) ; dans les schistes cristallins et dans les grès qui leur sont superposés, entre la Mahasoa et le Mangoky. J'ai observé des échantillons analogues provenant de Dabolava (Betsiriry).

Des veinules de barytine grenue peu cohérente, à gros grain, traversent le gneiss et le granite d'Ambohidempona, à Tananarive.

Je signalerai encore des filons de barytine mélangés de sulfures altérés, à l'Est d'Ambatofangehana, entre les quartzites et les calcaires et à la source de la Sahandrambo (haute Fanantara), au milieu des gneiss.

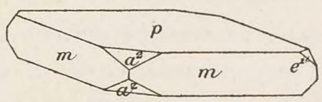


Fig. 179. — Barytine. Forme commune.

A une quarantaine de mètres du filon de galène d'Ampandrana, près de la rive droite de la Mania, les calcaires cristallins sont traversés par une veine de 2 mètres de puissance d'une barytine finement grenue renfermant des masses laminaires translucides du même minéral ; celui-ci, d'un jaune rouillé aux affleurements, est d'un beau bleu dans les portions non oxydées du filon ; cette barytine est strontianifère.

Des veines de barytine d'un autre caractère (agrégats miarolitiques de cristaux jaunes) traversent les roches métamorphiques des environs de Tsilaizina, sur la rive droite de la Manandona ; j'en ai extrait de petits cristaux de la forme p, a^2 (102), h^1, h^3 (210), e^1 (fig. 180) ; ils sont parfois groupés en grand nombre à axes parallèles (fig. 181).

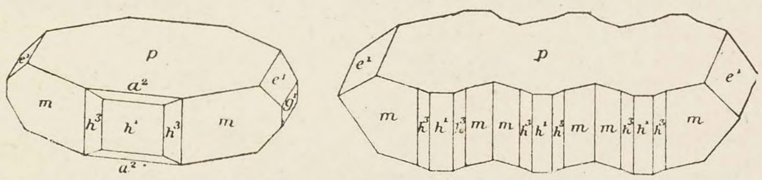


Fig. 180 et 181. — Barytine de Tsilaizina.

Une barytine analogue se trouve aux environs d'Itorendrika ; les lames aplaties suivant p sont bordées par des dômes (e^x et a^x) très surbaissés. L'échantillon que j'ai examiné a été recueilli dans des éluvions, mais il englobe sur l'un de ses bords du microcline, ce qui indique qu'il provient d'une veine traversant la pegmatite syénitique. Une barytine strontianifère (SrO,3,2°/₀: densité, 4,377) grenue, à gros grain, blanche, jaune et translucide, devenant d'un blanc laiteux et opaque

par exposition aux intempéries forme aussi des filonnets dans cette même roche.

Filons métallifères.

La région de Madagascar la plus riche en barytine est celle d'Andavakoera ; un grand nombre de ses filons quartzeux renferment, dans leur partie médiane, de la barytine laminaire d'un beau blanc, souvent stérile, mais englobant parfois de la galène (Andavakoera, etc.), de la pyrite, de la chalcopyrite (Bereziky), et, en un seul point (Betankilotra) de l'argent natif ou bien de l'or natif. On trouvera représenté dans la planche I (fig. 3) du tome II l'aspect corrodé très caractéristique que cette barytine prend aux affleurements, quand elle a été lentement dissoute par les eaux atmosphériques.

Dans le filon de Ranomafana, la barytine se présente en outre en magnifiques cristaux transparents au milieu de géodes de quartz ; j'ai extrait moi-même l'un d'eux qui mesure un décimètre de longueur (Pl. 11, fig. 1).

Souvent d'une limpidité admirable, ces cristaux sont d'autres fois un peu laiteux, par suite de l'existence d'inclusions liquides à bulle gazeuse ; les dimensions sont parfois suffisantes pour qu'on puisse voir à l'œil nu leur bulle se déplacer quand on fait mouvoir l'échantillon. Ces cristaux sont uniformément aplatis suivant p, qu'accompagnent a^2 et e^1 (fig. 182 et 183) ; ils sont souvent plus ou moins allongés suivant l'arête pe^1. Il existe parfois d'autres formes subordonnées, m, $b^{1/2}$, b^1, a^1, y (122) (fig. 184) et une pyramide de la zone py, très rapprochée de p,

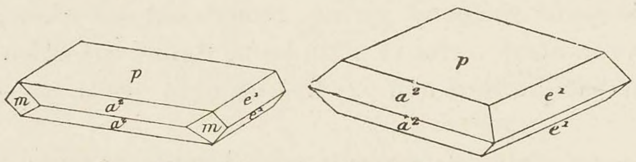


FIG. 182 et 183. — Barytine de Ranomafana.

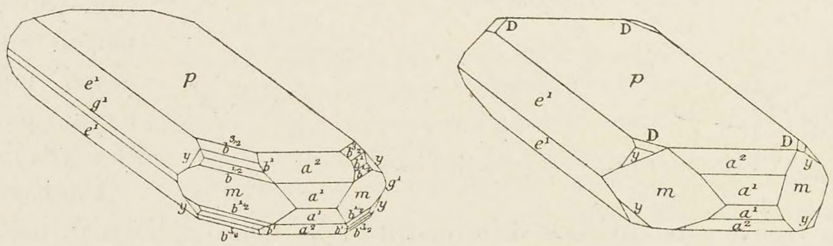


FIG. 184 et 185. — Barytine de Ranomafana.

qui paraît voisine de D (1. 2. 16) (fig. 185) que j'ai rencontrée autrefois dans la barytine de Romanèche ; assez fréquemment, ces cristaux sont accolés à axes parallèles suivant p et chacun d'eux ne présente pas toutes les mêmes petites

facettes secondaires (fig. 186); une face *m* notamment est parfois beaucoup plus développée que les autres.

Des cristaux du même minéral atteignant plusieurs centimètres de longueur, avec seulement 1 ou 2 millimètres d'épaisseur, sont entrecroisés dans des géodes quartzeuses et supportent de jolis cristaux de dolomite ou de chalcopyrite.

Cette forme n'est pas la seule qui ait existé dans la barytine des filons de Ranomafana. J'ai en effet rapporté de ce même gisement des paramorphoses creuses de très gros cristaux de la forme *pm*, constituées par du quartz dont les prismes sont implantés perpendiculairement à la surface du sulfate, aujourd'hui disparu.

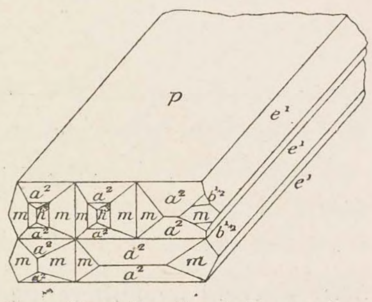


Fig. 186. — Barytine de Ranomafana. Groupement à axes parallèles.

Sur le prolongement des filons d'Andavakoera, aussi bien du côté Nord-Est que du côté Sud-Ouest, se rencontrent des filons du même genre, mais peu ou pas aurifères, dans lesquels la barytine lamellaire blanche abonde, associée aussi à de la galène, à de la chalcopyrite, de la blende (Sakazera, Bobasatrana, Ankitokazo, etc.). Il en existe aussi d'analogues dans le bassin du Manambato (région de Vohémar).

Enfin, je dois à M. Fievet des géodes de barytine d'un aspect différent de celui des gisements précédents. Au milieu des micaschistes et des amphibolites du Fanambana, la barytine forme un filon d'environ $0^m,40$ avec des épontes quartzeuses ; Les cristaux ont jusqu'à 2 centimètres de diamètre ; ce sont des tables (*pm*) d'un beau jaune d'or, transparentes au centre, blanches et opaques sur leur périphérie.

Sédiments.

Des rognons de barytine, laminaire ou bacillaire, abondent dans les argiles rouges triasiques près du village de Sakamasay (Mahafaly) ; des échantillons m'en ont été remis par Colcanap qui a aussi recueilli dans les grès de la même région, à Bikera, de gros nodules de ce minéral. Les uns et les autres résultent de l'agglomération de sable quartzeux par de grands cristaux de barytine qui possèdent ainsi la structure des cristaux de calcite des grès de Fontainebleau, mais sans être limités par des formes géométriques.

Les septaria des marnes crétacées d'Ankomaka (Haut Manombo) renferment de magnifiques cristaux incolores et limpides de barytine, atteignant 2 centimètres

suivant l'axe a ; ils sont riches en formes (fig. 187 et 188) : p (001), e^1 (011), a^2 (102) sont prédominantes, avec h^1 (100), m (110), $b^{1/2}$ (111) constantes, a^4 (104), a^1 (101), $a^{1/2}$ (201), $a^{2/3}$ (302), b^1 (112), $b^{3/2}$ (113), ε (124), y (122) fréquentes,

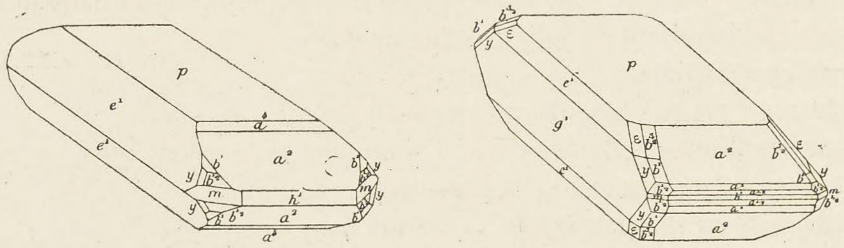


FIG. 187 et 188. — Barytine d'Ankomaka.

mais souvent irrégulièrement développées ou pouvant même n'être représentées que par quelques-unes de leurs faces dans des cristaux isolés ou groupés à axes parallèles. Ces cristaux de barytine sont implantés sur des rhomboèdres jaunes de calcite : cette association rappelle celle des septaria de l'Oxfordien de Meylan (Isère), où le sulfate est de la célestite.

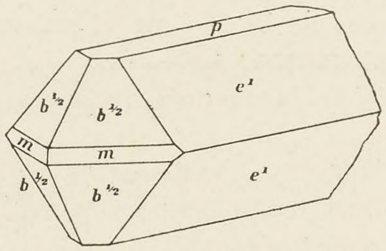


FIG. 189. — Barytine de Mahatsahala.

Gisement de nature indéterminée.

Dans la région micaschisteuse du village de Manantsahala sur la rivière du même nom, affluent de la Matsiatra, la barytine, incolore ou jaune d'or et parfaitement transparente, abonde à la surface du sol, soit en solides de clivages, soit en cristaux. Ceux-ci sont allongés suivant pe^1 et présentent les formes e^1, p, m, $b^{1/2}$ (fig. 189) ; les faces e^1 portent des cannelures de corrosion parallèles à leur intersection avec $b^{1/2}$.

CÉLESTITE

SO^4Sr.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. Isomorphe avec la barytine ; $a : b : c = 0,78082 : 1 : 1,28307$; $mm = 104°2'$. Clivages parfaits suivant p (001) et m (110), assez nets suivant g^1 (010).

Dureté. 3 à 3,5. *Densité*, 3,95 à 3,99.

Propriétés optiques. Incolore, parfois bleue. Transparente, translucide ou opaque. Éclat vitreux, parfois nacré.

Plan des axes parallèles à g^1. Optiquement positive ; bissectrice aiguë perpendiculaire à h^1. $n_g = 1,63092$; $n_m = 1,62367$; $n_p = 1,62198$; $2V = 51°12'$; $2E = 89°6'$.

Propriétés chimiques. La formule $SrSO^4$ correspond à la composition : SO^3 43,6 ; SrO 56,4 ; il existe parfois un peu de baryum et de calcium.

Mêmes réactions que pour la barytine, mais colore la flamme en rouge pourpre.

A peine soluble dans les acides.

Diagnostic. Voir à *barytine.*

GISEMENTS

Un gisement exceptionnel de célestite se trouve en relation avec le granite à Ambatoarina, au contact du granite. La célestite y entre comme élément constitutif des veines calcaires à gros éléments, qui parcourent les calcaires à imerinite. Je l'y ai observée [146] sous forme de cristaux (*p m*), incolores ou gris de fumée et de grains de quelques millimètres de diamètre associés à de la calcite, à l'ambatoarinite, à du quartz, à du microcline, à de l'albite, et enfin à des cristaux très petits de monazite et à des mouches de galène.

C'est le seul exemple connu de formation de célestite par action pneumatolytique d'un magma granitique.

J'ai examiné un échantillon grenu de célestite d'un blanc bleuâtre, qui a été recueilli entre Ambositra et Ambatofangehana, mais dont je ne connais pas le gisement précis. De très petits cristaux (*pm*) se trouvent dans une limonite scoriacée du chapeau de fer du gîte cuprifère de la dernière de ces localités.

ANGLÉSITE

SO^4Pb.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. Isomorphe avec la barytine ; $a:b:c = 0{,}78516 : 1 : 1{,}28939$; $mm = 103°43'$. Clivages suivant *p* (001) et *m* (110) interrompus. Cassure conchoïdale.

Dureté. 2,5 à 3. *Densité.* 6,12 à 6,39.

Propriétés optiques. Incolore ou blanche, mais parfois grise, noire, jaune, etc., par suite d'inclusions ; ces colorations sont fréquentes dans les masses compactes. Transparente à opaque. Éclat résineux à vitreux.

Plan des axes parallèle à g^1 (010). Optiquement positive ; bissectrice aiguë perpendiculaire à h^1. $n_g = 1{,}89365$; $n_m = 1{,}88226$; $n_p = 1{,}87709$; $2V = 68°6'$.

Propriétés chimiques. La formule $PbSO^4$ correspond à la composition : SO^3 26,4 ; PbO 73,6. Fond à la flamme d'une bougie ; sur le charbon, au feu réducteur donne un globule de plomb.

Peu soluble dans l'acide azotique ; soluble dans le citrate d'ammonium.

Diagnostic. La forte réfringence, la densité et les propriétés pyrognostiques permettent de distinguer l'anglésite des sulfates avec lesquels elle est isomorphe ; elle se distingue de la cérusite par sa faible biréfringence ($n_g - n_p = 0{,}01456$) et par sa façon de se comporter vis-à-vis l'acide azotique.

GISEMENTS

Je n'ai vu aucun cristal d'anglésite provenant de Madagascar, mais ce minéral est assez fréquent à Andavakoera, sous forme de pseudomorphose de galène. Les cristaux de ce sulfure sont transformés en sulfate compact, finement cristallin, grisâtre et parfois zoné. Les échantillons que j'ai examinés proviennent de blocs de quartz recueillis dans les éluvions et, par suite, depuis longtemps soumis à une oxydation superficielle. L'un d'eux renferme, à côté de cette galène transformée, des cavités, originellement remplies par des cristaux de blende, et ne contenant plus que des cristaux filiformes d'or natif.

II. SULATES BASIQUES

JAROSITE

$SO^4[Fe(OH)^2]^6K^2$.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique. $c = 1{,}2492$; $pp = 89°15'$. Clivage basique distinct.

Dureté. 2,5 à 3,5. *Densité.* 3 à 3,26.

Propriétés optiques. Jaune d'or ; jaune brunâtre. Poussière jaune clair. Transparente ou translucide. Éclat vitreux et adamantin dans les cristaux ; aspect terne ou terreux dans les variétés compactes.

Uniaxe et optiquement négative. Biréfringence assez élevée. Polychroïsme dans les teintes jaunes, avec maximum d'absorption suivang n_g.

Propriétés chimiqaes. La formule $SO^4[Fe(OH)^2]^6K^2$ ou $K^2O \,.\, 3Fe^2O^3 \,.\, 4SO^3 \,.\, 6H^2O$, correspond à la composition théorique suivante : SO^3 31,9 ; Fe^2O^3 47,9 ; K^2O 9,4 ; H^2O 10,8 ; une petite quantité de Fe^2O^3 peut être remplacée par Al^2O^3, un peu de K^2O par PbO : la *plumbojarosite* est uniquement plombifère.

Dans le tube, donne de l'eau, puis de l'acide sulfurique, en laissant un résidu rouge de Fe^2O^3; quand la calcination a été suffisante, le produit, repris par l'eau, cède du sulfate de potassium

Insoluble dans l'eau, soluble dans les acides.

Diagnostic. Les réactions chimiques permettent de distinguer aisément ce minéral des variétés jaunes de limonite.

GISEMENTS

J'ai trouvé la jarosite en masses d'un jaune vif mélangées à la cérusite parmi des échantillons recueillis dans les affleurements du gîte plombifère d'Ampandrana,

près de la rive gauche de la Mania. L'examen à la loupe d'une cassure fraîche montre une structure finement cristalline. Au microscope, on voit que malgré son apparence terreuse, le minéral est entièrement cristallisé et formé par de petits rhomboèdres basés transparents et très biréfringents.

Cette jarosite provient de la réaction des produits de la décomposition de la pyrite sur des gangues feldspathiques ou micacées ; elle contient un peu de plomb.

BROCHANTITE

$SO^4(Cu\,OH)^2 \cdot 2\,Cu[OH]^2$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0{,}7739 : 1 : 0{,}4871$; $mm = 104°32'$. Clivage g^1 (010) parfait ; traces suivant m (110). Cassure inégale.

Dureté. 3,5 à 4. *Densité.* 3,91.

Propriétés optiques. Vert émeraude à vert noirâtre ; poussière vert pâle. Transparente à translucide. Éclat un peu nacré sur g^1, vitreux sur les autres faces.

Plan des axes optiques parallèle à h^1. Optiquement négative ; bissectrice aiguë, normale à g^1. $2H = 95°$ à $98°$. Polychroïsme distinct.

Propriétés chimiques. La formule $SO^4(Cu\,OH)^2 \cdot 2Cu[OH]^2$ ou $4CuO\,SO^3 \cdot 3H^2O$ correspond à la composition : SO^3 17,7 ; CuO 70,3 ; H^2O 12,0.

Dans le tube fermé, donne de l'eau, puis, à haute température, SO^3 et noircit. Fusible au chalumeau en colorant la flamme en bleu ; sur le charbon, donne un globule de cuivre.

Soluble dans les acides.

Diagnostic. A l'inverse de la malachite, se dissout dans les acides sans effervescence ; se distingue de l'atacamite parce que celle-ci colore la flamme en vert.

GISEMENTS

J'ai rencontré [29] la brochantite parmi les produits d'altération superficielle de l'érubescite d'Ambatofangehana.

Aux affleurements, l'érubescite, recueillie lors de l'exploitation par les Malgaches, était traversée de filonnets verts ayant souvent moins de 1 millimètre d'épaisseur. Quand l'altération est plus complète, le minerai se transforme peu à peu en une masse caverneuse, dans laquelle des veinules vertes, enchevêtrées, limitent de nombreuses cavités que tapisse ou remplit de l'oxyde de fer terreux rouge. La substance verte est généralement constituée par de la malachite fibreuse et plus souvent terreuse, par de la chrysocole, mais, dans quelques échantillons, elle est sulfatée et formée par de la brochantite.

La brochantite constitue des croûtes cristallines, qui, au premier abord, ne se distinguent pas de la malachite ; un examen plus attentif fait voir que le minéral possède un éclat vitreux très vif ; ses cristaux, allongés suivant l'axe vertical, sont striés dans la zone prismatique, et quelquefois terminés par un pointement aigu $a^{1/2}$ (201) ; ils sont d'un vert plus ou moins foncé, parfois presque noirs. Tandis que les aiguilles de la malachite sont généralement implantées perpendiculairement ou obliquement à la gangue, les cristaux de brochantite, au contraire, sont couchés à plat sur celle-ci, formant à sa surface une sorte de vernis cristallin dont il est impossible d'isoler les cristaux ; ceux-ci, d'ailleurs, n'atteignent guère plus d'un millimètre. Le quartz englobé dans l'érubescite est très fissuré ; ses fentes sont remplies par des cristaux de brochantite faciles à détacher.

Lors de ma visite au gisement, je n'ai plus trouvé ce minéral qui abondait dans les échantillons que M. Villiaume m'a remis en 1898.

III. SULFATES HYDRATÉS

MIRABILITE

$SO^4Na^2 + 10H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 1,1158 : 1 : 1,2372$; $zx = 72°15'$; $mm = 86°31'$. La mirabilite forme de petits cristaux monocliniques le plus souvent peu distincts.

Dureté. 1,5 à 2. *Densité.* 1,481.

Propriétés optiques. Incolore ou blanche. Transparente à opaque. Éclat vitreux.

Optiquement négative. Plan des axes optiques et bissectrice aiguë perpendiculaires à g^1 ; n_g fait avec c dans l'angle aigu ph^1, un angle de 30°56′ (rouge), de 26°31′ (bleu). 2E = 122°48′ (rouge) $n_m = 1,44$.

Propriétés chimiques et diagnostic. La formule $SO^4Na^2 + 10H^2O$ correspond à la composition : SO^3 24,8 ; Na^2O 19,3 ; H^2O 55,9. Par exposition à l'air sec, perd 8 molécules d'eau en se transformant en une poudre blanche. Ce caractère, joint à sa grande solubilité dans l'eau en donnant une saveur fraîche, légèrement saline et amère, et à ses propriétés chimiques établissent le diagnostic de ce minéral et permettent de le distinguer de l'epsomite.

GISEMENTS

Le sulfate de sodium existe dans l'eau de beaucoup de sources thermales de l'île, associé à des carbonates et à des chlorures. Il se présente par suite dans les efflo-

rescences qui avoisinent leurs griffons ; il y cristallise sous forme de mirabilite ; c'est ainsi que je l'ai observé à Antsirabe. Ses petites aiguilles accompagnent la thermonatrite et se reconnaissent à la facilité avec laquelle elles s'efflorissent à l'air sec, en donnant une poudre blanche.

Dans les sels obtenus par lessivage des cendres de plantes, il existe un peu de sulfate de sodium, mais celui-ci s'y trouve à l'état de thenardite (SO^4Na^2) parce que l'évaporation originelle des sels a été réalisée à une température suffisamment élevée et en présence d'une grande quantité de chlorures.

BLÖDITE

$(SO^4)^2Na^2Mg . 4H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 1{,}34940 : 1 : 0{,}67048$; $zx = 79° 22'$; $mm = 74° 2'$. Pas de clivage.

Dureté. 2,5. *Densité.* 2,10 à 2,28.

Propriétés optiques. Incolore, quelquefois bleuâtre, verdâtre ou rougeâtre. Transparente à translucide. Optiquement négative ; plan des axes optiques dans g^1 (010). Bissectrice aiguë, faisant 44° 48′ (rouge) avec c. 2V (rouge) = 70° 5′. Dispersion $\rho < v$.

Propriétés chimiques et diagnostic. La composition correspondant à la formule théorique est SO^4 47,9 ; MgO 12,0 ; Na^2O 18,6 ; H^2O 21,6 ou $MgSO^4$ 36,4 ; Na^2SO^4 42,0 ; H^2O 21,6 (voir plus loin).

Dans le tube, perd son eau, puis, au rouge, fond en un globule transparent qui devient blanc et opaque par refroidissement.

Soluble dans l'eau, en lui donnant une saveur alcaline et amère. Un peu déliquescente dans une atmosphère humide.

GISEMENTS

La source thermale d'Antsirasira, près Marovoay, donne par évaporation naturelle, pendant la saison sèche, des croûtes d'un sel blanc, jadis analysé par MM. Arnaud et Hassenfratz [211] qui lui ont trouvé la composition suivante : SO^3 50,10 ; MgO 8,13 ; Na^2O 26,21 ; H^2O 14,70 = 99,14.

M. Arnaud n'a pu retrouver l'échantillon analysé qui n'avait pas été étudié minéralogiquement, mais, grâce à M. Sluzanski, j'ai obtenu des échantillons de ce minéral et ai pu ainsi l'examiner. Ses propriétés optiques sont celles de la blödite.

Un échantillon, dont l'homogénéité a été vérifiée au microscope, et qui ne

renfermait que quelques inclusions de gypse, a été analysé par M. Raoult qui lui a trouvé la composition suivante :

SO^3.	47,12
MgO.	10,26
CaO..	0,50
Na^2O.	19,88
H^2O..	21,76
SiO^2.	0,10
Al^2O^3.	0,60
	100,22

Cette composition correspond très exactement à la formule

$$(SO^4)^2 Na^2Mg . 4H^2O$$

c'est-à-dire à celle de la blödite, avec cette réserve toutefois que le rapport MgO : Na^2O n'est pas équi-moléculaire comme d'ordinaire, il est de 1 à 1,25.

Le minéral doit donc être considéré comme une blödite renfermant un peu de SO^4Na^2 à l'état de solution solide, ce qui explique sans doute la densité un peu plus faible (2,10) que celle de la blödite normale. La perte de l'eau à 105° est de 3,77 ; le reste n'est complètement expulsé qu'au rouge.

GYPSE

$SO^4Ca . 2H^2O$,

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0{,}74624 : 1 : 0{,}41238$; $zx = 66° 10'$; $mm = 111° 22'$. Macles fréquentes suivant h^1 (100), par accolement ou entrecroisement, et suivant $a^{1/2}$ (102).

Clivages ; parfait suivant g^1 (010), donnant des lames plus ou moins flexibles, à éclat nacré ; facile suivant h^1 (100), à éclat vitreux ; moins faciles suivant e^1 (011), à texture fibreuse.

Dureté. 1,5 à 2. *Densité.* 2,31 à 2,33.

Propriétés optiques. Incolore, blanc, peut prendre les couleurs les plus variées par suite d'inclusions. Transparent à opaque ; les variétés fibreuses ont souvent un bel éclat soyeux.

Optiquement positif ; plan des axes optiques parallèle à g^1 ; la bissectrice aiguë fait avec h^1 un angle de 50° 30′ dans l'angle aigu ph^1. Dispersion inclinée ; $n_g = 1{,}52962$ (raie D) ; $n_m = 1{,}52260$; $n_p = 1{,}52046$. $2V = 58° 1'$.

Propriétés chimiques. La formule $SO^3Ca + 2H^2O$ correspond à la composition SO^3 46,6 ; CaO 32,5 ; H^2O 20,9.

Dans le tube, donne de l'eau et devient opaque. Fond au chalumeau en colorant la flamme en rouge jaune.

Un peu soluble dans l'eau ; soluble dans HCl.

Diagnostic. La forme, les propriétés physiques et notamment la faible densité, les propriétés chimiques et en particulier la faible solubilité dans l'eau et la recristallisation par évaporation de la solution sont les caractéristiques du gypse.

GISEMENTS

Sédiments.

Le gypse est fréquent dans toutes les formations marneuses renfermant de la pyrite, qui lui donne naissance par sa décomposition (action sur le calcaire). Les figures 190 à 194 représentent les formes et la macle h^1 communes à tous les gisements indiqués ci-contre.

Dans les marnes jurassiques d'Andranosamonta, le gypse forme de grandes masses clivables, incolores et limpides. M. J. Giraud a observé des lits de gypse

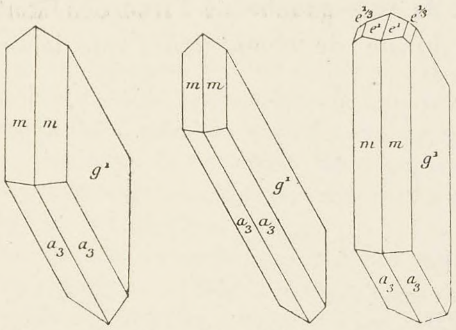


FIG. 190 à 192. — Gypse. Forme commune.

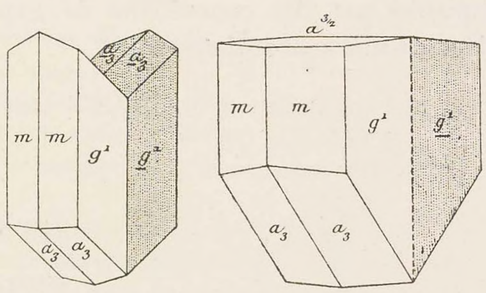


FIG. 193 et 194. — Gypse. Macle suivant h^1.

de quelques centimètres à la partie supérieure des marnes à Bélemnites (Jurassique supérieur) entre Berevo et Begidro (rive gauche de la Tsiribihina) et des lits plus épais (gypse fibreux) au Sud-Est d'Ankirihitra, sur le chemin de Maevatanana.

Des cristaux lenticulaires de gypse, groupés en boules, avec rognons de limonite, se rencontrent à Amparihy (Boina) ; des filonnets fibrolamellaires (de 1 centimètre d'épaisseur) dans le Jurassique d'Ambaliha (Ampandramahala) au Sud-Sud-Est de Beronono, rive gauche de la Mahajamba ; de grandes lames (6 centimètres) à Ankaraobato (près Ambato), sur la Betsiboka (marnes jurassiques).

Des cristaux nets de 1 centimètre abondent dans les marnes fossilifères près des sources salées d'Antsirasira (Nord du lac d'Amparihy), dans les marnes du Néocomien inférieur de Namoroka, etc.

Dans la région de Diego-Suarez, le même minéral s'observe au milieu des marnes pyriteuses cénomaniennes ; les travaux du bassin de radoub en ont mis à découvert des cristaux nets. On peut citer encore la Montagne des Français, la Betaitra d'Antanamitarana, Anamakia (beaux cristaux limpides) dans des marnes recouvertes par une coulée de basalte, et aussi les marnes crétacées d'Ampombiantambo.

C'est sous la même forme, ou en masses fibreuses de 2 centimètres de longueur, que le gypse a été rencontré à Tanilehy sur la Sakondry et plus au Sud, dans les marnes cénomaniennes de la Menarandroy, à l'Ouest de Betioky. Dans ces gisements du pays Mahafaly, le gypse n'est pas toujours en place, on le trouve aussi à l'état remanié dans des alluvions.

Enfin, il existe sous forme de petits cristaux dans les assises ligniteuses quaternaires d'Antsirabe.

Sources thermales.

Les fentes de granite de Mandehasira sur la rive gauche de l'Imorona sont tapissées par des concrétions de gypse en forme de choux-fleurs que laisse déposer une source thermale.

EPSOMITE

$SO^4Mg + 7H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique, hémiédrie holoaxe. $a:b:c = 0{,}9901:1:0{,}5709$; $mm = 90°34'$.

Clivages : parfait suivant g^1 (010), faciles suivant e^1 (011), très difficiles suivant m (110).

Dureté. 2 à 2,5. *Densité.* 1,68 à 1,69.

Propriétés optiques. Incolore, transparente. Éclat fibreux, soyeux dans les fibres.

Optiquement négative ; plan des axes optiques parallèle à p (001) ; bissectrice aiguë perpendiculaire au clivage g^1. $n_m = 1{,}4553$. $2V = 51°35'$; $2E = 78°18'$.

Propriétés chimiques. La formule $SO^4Mg + 7H^2O$ correspond à la composition SO^3 32,5 ; MgO 16,3 ; H^2O 51,2.

Très soluble dans l'eau en donnant la réaction de la magnésie par addition de phosphate de sodium, en solution ammoniacale contenant du chlorure d'ammonium. Saveur amère, s'effleurit à l'air sec.

Diagnostic. Se distingue des autres sulfates solubles par sa saveur très amère, par les réactions du magnésium et par l'absence de celle de l'aluminium.

GISEMENTS

Pendant la saison sèche, le sol arénacé du voisinage des dépressions marécageuses de la région sédimentaire de l'Ambongo, située au Sud de Soalala, se couvre d'efflorescences de petites aiguilles blanches d'epsomite ; ces aiguilles sont allongées suivant l'axe vertical. Un échantillon provenant de Bekotrobaka, que m'a communiqué M. Perrier de la Bathie, renferme en outre des traces de chlorures de potassium et de sodium.

MÉLANTÉRITE

$SO^4Fe + 7H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 1,1828 : 1 : 1,5427$; $zx = 75° 44'$; $mm = 82° 12'$. Clivages : parfait suivant p (001), faciles suivant m (110).

Dureté. 2. *Densité.* 1,89 à 1,90.

Propriétés optiques. Les très petites aiguilles sont incolores, dès que les cristaux sont un peu gros, ils sont verts. Transparente ou translucide. Éclat vitreux.

Optiquement positive ; plan des axes optiques parallèle à g^1 (010) ; bissectrice aiguë faisant dans g^1 un angle de 61° avec h^1 dans l'angle obtus de ph^1. $n_m = 1,4782$ (Na) ; $2V = 88° 48'$.

Propriétés chimiques. La formule $SO^4Fe + 7H^2O$ correspond à la composition SO^3 28,8 ; FeO 25,9 ; H^2O 45,3.

Dans le tube, donne de l'eau, puis SO^3 et enfin se transforme en Fe^2O^3.

Très soluble dans l'eau, la solution a une saveur métallique et styptique.

Diagnostic. Parmi les sulfates solubles, se distingue par sa saveur et les réactions du fer, non associées à celles de l'alumine (différence avec l'*halotrichite*)[1].

GISEMENTS

La mélantérite résulte de la décomposition des pyrites (pyrite et marcasite), aussi se rencontre-t-elle aux affleurements de ces minéraux. Elle y constitue de petites aiguilles blanches ou verdâtres qui se développent même sur les échantillons conservés loin de leur gisement, quand le milieu n'est pas parfaitement sec.

Tous les gisements de marcasite signalés plus haut en particulier fournissent la mélantérite en abondance.

1. Pour *Halotrichite*, voir le supplément (Tome II).

VIII

MOLYBDATES ET TUNGSTATES

WULFÉNITE

MoO^4Pb.

Propriétés cristallographiques. Quadratique, parahémiédrique ; $c = 1{,}57645$. Clivages nets, mais interrompus suivant $b^{1/2}$ (111) ; très difficiles suivant p (001) et $b^{3/2}$ (113). Cassure conchoïde et inégale.

Dureté. 2,5 à 3. Très fragile. *Densité.* 6,7 à 7.

Propriétés optiques. Jaune de cire à jaune de miel, orangée, rouge, parfois incolore, grise, etc Poussière blanche. Transparente ou translucide. Éclat adamantin ou résineux, très éclatant.

Uniaxe et négative ; $n_g = 2{,}402$; $n_p = 2{,}304$. Légèrement polychroïque avec maximum suivant n_g.

Propriétés chimiques. La formule MoO^4Pb correspond à la composition suivante : MoO^3 39,3 ; PbO 60,7. Au chalumeau, décrépite violemment, devient plus foncée et fond facilement ; sur le charbon, avec le carbonate de sodium, donne un globule de plomb.

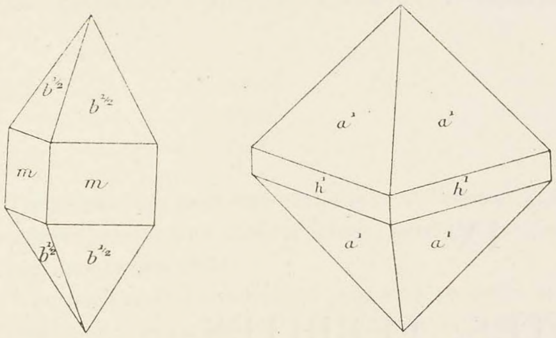
Attaquée par HCl, avec dépôt de $PbCl^2$ et de MoO^3 ; le résidu humecté d'eau et additionné de zinc métallique, prend une coloration bleu foncé qui ne disparaît pas par addition d'eau.

Diagnostic. La forme de la wulfénite permet de la distinguer de la pyromorphite qui l'accompagne souvent et présente fréquemment la même couleur.

GISEMENTS

J'ai observé une géode de quartz de la mine de Bereziky (Andavakoera), remplie en partie par de la galène en grandes lames, à surface profondément corrodée, celle-ci est recouverte çà et là par de petits cristaux d'un jaune orangé de wulfénite ne dépassant guère un millimètre. Ils sont associés à du quartz. D'autres sont implantés directement sur le quartz de la géode, là où la galène a disparu.

Ces cristaux appartiennent à deux types, l'un est allongé suivant *c* (fig. 195), $b^{1/2}$, *m*, avec ou sans $^1/_2h^5[\pi(320)]$, l'autre constitue des octaèdres obtus basés, *p* $a^{11/5}$ (11.11.5) (fig. 197). Enfin j'ai observé aussi la combinaison a^1h^1



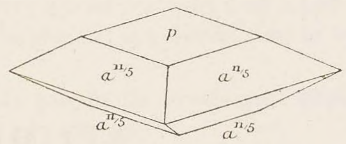


Fig. — 195 à 197. Wulfénite de Bereziky.

(fig. 196). Cet échantillon a été trouvé à 40 mètres de la surface.

WOLFRAM

$WO^4(Fe,Mn)$.

L'existence du wolfram a été souvent signalée à Madagascar, mais, après enquête, ces indications ont été jusqu'ici reconnues inexactes ; c'est ainsi qu'il y a peu d'années de nombreux piquets de recherches ont été posés pour ce minéral dans la région d'Ambatofinandrahana ; il s'agissait de l'hématite qui est décrite page 260. La méprise tient à ce qu'un chimiste inexpérimenté a sans doute pris pour de l'acide tungstique le résidu blanc de rutile que cette variété d'hématite laisse après traitement à l'acide chlorhydrique. Dans de semblables conditions et surtout par le traitement à l'eau régale, le wolfram laisse une poudre *jaune* d'acide tungstique, soluble dans l'ammoniaque et reprécipitable de sa dissolution ammoniacale par HCl.

Le wolfram se distingue en outre par sa grande densité (7,2 à 7,5), et par son clivage facile, très éclatant : sa poussière est brune.

IX

ALUMINATES. FERRITES

GROUPE DES SPINELLIDES

Ce groupe comprend de nombreux minéraux se rapportant à la formule générale $\overset{\text{III}}{R}{}^2O^4\overset{\text{II}}{R}$ ou $R^2O^3\,RO$: tous sont cubiques, et se présentent généralement en octaèdres réguliers, parfois maclés suivant a^1 (111) (*macle des spinelles*) (fig. 198). Ils sont tous monoréfringents et doués d'une haute réfringence.

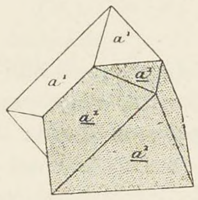


FIG. 198. — Macle des spinelles.

On peut les diviser en deux familles ; dans l'une, $\overset{\text{III}}{R}$ est constitué essentiellement par de l'aluminium ou du chrome, les spinellides qui la forment sont insolubles dans les acides, infusibles et remarquablement réfractaires à l'action des dissolvants chimiques ; ils sont transparents, au moins en lames minces. Dans la seconde famille, $\overset{\text{III}}{R}$ est constitué essentiellement par du fer ; à l'inverse des minéraux précédents, tous ces types sont opaques, magnétiques et solubles dans l'acide chlorhydrique.

SPINELLIDES ALUMINEUX

SPINELLE, PLÉONASTE, HERCYNITE,

Al^2O^4Mg. **$Al^2O^4(Mg,Fe)$.** **Al^2O^4Fe.**

Traces de clivage ou de plans de séparation suivant a^1, parfois assez nets. Macle des spinelles.

Dureté. 8. *Densité*. 3,5 (spinelle) à 3,7 (pléonaste) et 3,95 (hercynite).

Propriétés optiques. Rarement incolores ; plus souvent verts ou noirs (et alors bruns ou verts en lames minces) (*pléonaste* et *hercynite*) ; parfois rouges (*rubis spinelle*), roses, orangés, violacés. Transparents, translucides, au moins en lames minces. Éclat vitreux, éclatant.

Propriétés chimiques. La formule Al^2O^4Mg (*spinelle* proprement dit) correspond à la composition centésimale *a* (spinelle) et Al^2O^4Fe (*hercynite*) à la composition *b*.

	a	*b*
Al^2O^3.	71,8	58,6
MgO.	28,2	—
FeO.	—	41,4

Le magnésium peut être partiellement remplacé par du fer ; quand il atteint 3 ou 4 pour 100 le minéral prend une couleur foncée, perd sa transparence (pléonaste) et présente alors le même aspect que la hercynite.

Une portion de l'aluminium peut être en outre remplacée par du fer, conduisant ainsi à la *ferropicotite* : la *picotite* est une hercynite chromifère assez magnésienne.

Diagnostic. La forme cristalline, l'infusibilité permettent de distinguer les spinelles des grenats de même couleur.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Pegmatites. — Des octaèdres de pléonaste vert foncé sont associés à la grandidiérite et à l'andalousite dans la pegmatite d'Andrahomana. Le même minéral se trouve en très petits cristaux dans les pegmatites à grenat de l'Androy et du pays Mahafaly.

L'examen microscopique montre l'existence de la hercynite dans les blocs de magnétite compacte d'un filon de quartz à tourmaline d'Ampasimainty, au Sud de Betroka ; elle est accompagnée de corindon et de sillimanite.

Gabbros. — Le pléonaste est fréquent à l'état microscopique, dans les gabbros à olivine (Lohasaha par exemple). Dans la troctolite d'Anabohitsy, il forme d'innombrables octaèdres, allongés suivant un axe binaire et régulièrement orientés dans les plagioclases parallèlement à la trace de g^1.

Péridotites. — La picotite est un élément à peu près constant des péridotites ; elle est d'un noir de poix vue en masse et d'un brun foncé en lames minces (péridotite de Valojoro et nodules à olivine des basaltes du Massif d'Ambre, de Nosy Be, etc.).

Schistes cristallins.

Calcaires cristallins. — Le spinelle essentiellement magnésien (rose violacé, verdâtre) et le pléonaste de couleur plus foncée sont les satellites constants de la chondrodite, de la humite, et de la forstérite ; ils sont particulièrement abondants

dans les gisements suivants : le pays Mahafaly [route reliant Ejeda, Ampanihy, Ampotaka, notamment dans le Manakaralahy, où les octaèdres atteignent près de 1 centimètre] ; l'Androy : [bassin du Mandrare et notamment vallée du Manambolo (vert foncé ou violacé) ; entre Befary et Tranomaro sur les bords du Betroky (cristaux vert foncé renfermant en inclusion des lamelles d'hématite couchées dans a^1 (111), avec leur axes binaires en relation avec ceux de la face octaédrique) ; massif de Sidisidy sur la route de Fort-Dauphin à Elakelaka (masses d'un vert noir, associées à des lamelles de brucite)] ; puis Tsiafahy, au Sud de Tananarive ; la région de la Kiranomena dans le Betsiriry.

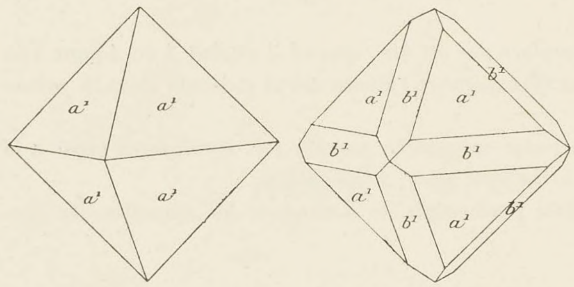


FIG. 199 et 200. — Spinelle. Formes communes.

Une mention spéciale doit être faite pour un gisement se trouvant entre Ambatomainty et Ampasimainty au Sud de Betroka ; le spinelle d'un vert plus ou moins foncé ou d'un vert bleuâtre (densité 3,603) existe dans une pyroxénite à diopside blanc, et aussi dans des masses de phlogopite jaune d'or en grandes lames qui l'accompagne. Ce spinelle forme des masses de grande taille, des cristaux isolés ou enchevêtrés d'une netteté admirable, pouvant dépasser 4 centimètres de plus grande dimension. Ils présentent la combinaison constante de a^1 (111) et de b^1 (110), l'une ou l'autre de ces formes dominant. Elles sont souvent accompagnées par le trapézoèdre a^3 (311) (fig. 202) qui peut prendre un grand développement, et, plus rarement par le trioctaèdre $a^{1/2}$ (221), toujours réduit à de très petites facettes (fig. 201). Ces cristaux présentent fréquemment des irrégularités dues au développement exagéré de certaines de leurs faces et leurs angles sont souvent arrondis. Ce gisement a fourni de magnifiques échantillons de collection.

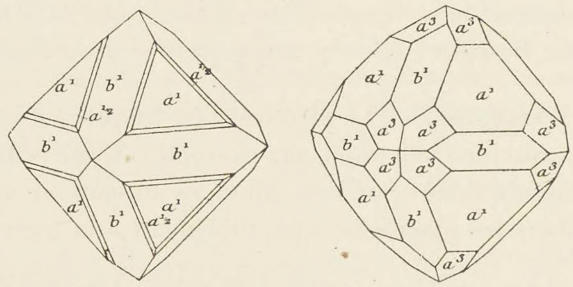


FIG. 201 et 202. — Spinelle d'Ambatomainty, au Sud de Betroka.

Un gisement analogue se rencontre à Isakoa, entre Betroka et Itrongay, les cristaux ont les mêmes formes ; ils sont d'un vert noir et ne se trouvent pas seulement dans la pyroxénite, mais aussi en plus gros grains dans un gneiss pyroxénique à anorthite à grands éléments qui l'accompagne.

Le spinelle existe en cristaux d'un vert noir, d'un centimètre de diamètre, dans la pyroxénite feldspathique d'Ankilitelo, en grains d'un vert bleuâtre clair dans les pyroxénites à diopside gris de fumée du col d'Isandelo (Androy).

De petits grains translucides d'un spinelle bleu verdâtre accompagnent la phlogopite et la trémolite dans une roche, recueillie au milieu des micaschistes de la Mitody, affluent du Mangoky.

Au Nord d'Ambatofinandrahana, près de Soavina, se rencontrent des calcaires cristallins dans lesquels un spinelle d'un vert bleuâtre n'est accompagné d'aucun autre minéral ; il forme des octaèdres nets qui atteignent 1 centimètre et se groupent parfois en grand nombre pour former des sortes de grappes qui, aux affleurements, sont mises en liberté par dissolution de la calcite. Un bloc constitué par du spinelle semblable au précédent et par de la phlogopite blonde a été recueilli à Vinany sur la Mananantanana.

Gneiss. — Le spinelle est fréquent dans les leptynites de l'Extrême Sud, mais il passe inaperçu, à cause de sa couleur foncée, due à sa richesse en fer et à son intime association à la magnétite ; il ne se distingue de ce minéral qu'au microscope par sa transparence et sa couleur verte, à moins qu'il n'apparaisse en relief sur les surfaces altérées à l'air (notamment entre la Sahambana et l'Ihosy). Ce spinelle appartient à la hercynite ou à des types de passage au pléonaste ; il en est de même pour le spinelle des gneiss à cordiérite de l'île, Au bas du col d'Eminiminy (Androy), un type de ce genre appartient au pléonaste ; il est accompagné de baguettes de sillimanite à clivage nacré. Il y forme aussi des masses grenues noires constituant, avec l'apatite, une véritable roche ; l'examen microscopique montre que ce pléonaste, d'un vert sombre, est tacheté de magnétite qui existe aussi en cristaux indépendants. Une roche analogue, mais à plus gros grain, a été recueillie à Ranobe, au Sud de Mahaly ; des octaèdres de pléonaste y sont englobés par un mélange de cordiérite et de quartz. Près d'Isoanala, un spinelle du même aspect, est une hercynite manganésifère, curieusement mouchetée de magnétite, qui est distribuée dans sa masse sous forme de fines vermiculisations. Des fragments de cristaux (b^1 dominant, a^1) du même minéral, mesurant 4 centimètres, ont été recueillis dans le voisinage.

Un spinelle d'un noir verdâtre se trouve avec sillimanite, comme accident, dans la corindonite rosée d'Ambodilaingo, près Beforona.

Il me reste à signaler à 1 kilomètre d'Antohidrano, sur la Sahanangary, affluent de l'Ivoloina, une roche à très gros grain, formée de pléonaste semblable à celui de la roche précédente ; il est associé à des proportions variables de clino-

chlore, de corindon, de tourmaline ; cette roche sera décrite tome II sous le nom de *pléonastite*. Enfin, dans la même région, le pléonaste abonde à l'état microscopique dans la magnétite grenue (englobant l'anthophyllite), qui constitue de gros galets dans le Vohitralanana.

Alluvions.

Les spinelles sont parmi les minéraux qui persistent le plus longtemps dans les alluvions, parce qu'ils sont très durs, très lourds et très inaltérables ; aussi les trouve-t-on même dans des régions où ils sont inconnus en place. Ils s'y présentent avec des couleurs claires (rose et vert pâle par exemple) dans les sables grenatifères de la côte, vis-à-vis Sainte-Marie ; dans les alluvions de la rivière Belambo (près Maevatanana).

Scories et alluvions basaltiques. — Des cristaux noirs, très réfringents, de ferropicotite[1] se rencontrent à l'état d'enclaves au milieu des matériaux basaltiques de projection et dans les alluvions formées à leurs dépens, dans les régions volcaniques de l'Ankaratra [(15 kilomètres Sud d'Arivonimamo ; Andranomadio, Vohidrononono (Vohitra) près Ansirabe), du Massif d'Ambre (Mahery) ; de Nosy Be (Ankalampo), dont il est question à l'article zircon. Ils ont été souvent corrodés par le magma fondu, qui les a englobés. Leurs formes sont a^1 ou bien a^1b^1, ou enfin $a^{1/2}$ (fig. 203). Les cristaux que j'ai examinés sont identiques à ceux qui se rencontrent dans les mêmes conditions dans le Velay.

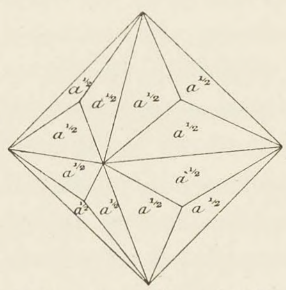


Fig. 203. — Ferropicotite de l'Ankaratra, de Nosy Mitsio.

Un gisement, celui de Nosy Mitsio, mérite une mention spéciale [88] par suite de l'abondance de la ferropicotite qu'exploite comme gemme M. de Busschère. M. Raoult en a fait l'analyse suivante :

Al^2O^3	62,40
Fe^2O^3	5,72
FeO	12,86
MgO	19,36
Cr^2O^3	tr.
H^2O	0,13
	100,47

Densité : 3,93.

1. J'ai donné ce nom [26] aux spinelles noirs, à la fois ferriques et ferreux des tufs basaltiques.

GAHNITE

Al^2O^4Zn.

Mêmes propriétés que pour les spinelles décrits plus haut, mais la magnésie est remplacée par de l'oxyde de zinc ; chauffée au chalumeau avec la soude et le borax, donne un enduit de ZnO.

Dureté. 7,5 à 8.

Densité. 4,0 à 4,6.

GISEMENTS

La gainite forme de petites masses d'un vert très foncé, à éclat gras, dans la pegmatite d'Ambatofotsikely ; elle y constitue une rareté.

L'analyse *a* a été publiée par MM. Duparc, Sabot et Wunder [15 *bis*] ; l'analyse *b* a été faite par M. Pisani sur un échantillon que j'ai étudié personnellement.

	a	*b*	*c*
Al^2O^3.	54,92	58,10	55,74
Fe^2O^3.	4,80	2,70	0,90
ZnO..	39,86	36,60	27,98
FeO..	»	2,44	11,73
MnO.	0,33	tr.	0,22
	99,91	99,84	100,03[1]
Densité..	4,60	4,37	4,478

L'indice de réfraction pour la lumière du sodium a été mesuré par M. P. Gaubert sur l'échantillon analysé ; il est de 1,815[2], valeur voisine de celle de la gahnite de la pegmatite de Permiö près Träskböle (Finlande) (1,8196) étudiée récemment par M. Pentti Eskola[3], qui est plus ferrifère et moins riche en zinc (analyse *c*).

CHROMOHERCYNITE ET CHROMITE

La chromite est le spinellide essentiellement constitué par du sesquioxyde de chrome, et de l'oxyde ferreux : Cr^2O^3 68,0 ; FeO 32,0. Elle contient presque toujours une petite quantité de Al^2O^3 et de Fe^2O^3 remplaçant Al^2O^3, et de MgO

1. Y compris NiO 0,02 ; MgO 1,64 ; SiO^2 1,64 ; H^2O 0,16.
2. MM. Duparc, Sabot et Wunder [15bis], puis M. Sabot [101], ont donné des valeurs :

   Li = 1,6486 ; Na = 1,6529 ; Tl = 1,6584

   qui correspondent certainement à un minéral différent de celui qu'ils ont analysé. Aucun des spinelles connus en effet n'a un indice inférieur à 1,71.
3. *Geolog. Fören. Stockholm Förh.*, 1914, p. 25.

remplaçant FeO. Par suite de ces variations de composition, la densité oscille entre 4,32 et 4,57.

J'ai donné le nom de *chromohercynite* [90] à un minéral de ce groupe constitué en proportions à peu près équimoléculaires de *chromite* et de *hercynite* ; sa densité est de 4,415.

Ces minéraux se distinguent des autres spinelles par l'intensité de la coloration verte (chrome) prise en se refroidissant par la perte de sel de phosphore. Les chromites essentiellement ferrifères s'arrondissent sur les bords au chalumeau en devenant magnétiques.

GISEMENTS

La *chromite* est un minéral des péridotites (serpentines), mais dans le seul gisement que je connaisse à Madagascar, le minéral a été trouvé au milieu d'éluvions dépourvu de toute gangue et associé à de l'euxénite et de la monazite qui ne proviennent certainement pas du même gisement. Il s'agit d'une masse grenue, à éclat gras, trouvée au mont Vohambohitra, au Nord-Nord-Est d'Ankazobe.

Quant à la *chromohercynite,* elle provient également d'un gisement unique, situé entre Farafangana et Vangaindrano près d'Ankararano ; les échantillons que m'a communiqués le Service des Mines constituent des masses grenues, à cassure vitreuse, extrêmement pures, ne renfermant que quelques paillettes de talc ; ces échantillons étaient associés à des fragments de magnétite et de limonite : ils ont été recueillis à la surface du sol et la nature de leur gisement n'a pas été précisée. L'analyse (M. Raoult) a fourni la composition suivante :

Cr^2O^3.	38,64
Al^2O^3.	27,12
Fe^2O^3.	0,61
FeO..	27,00
MnO.	1,10
MgO.	5,33
SiO^2.	0,28
H^2O + ...	0,25
	100,33

Cette composition correspond très exactement à la formule des spinelles

$$(Cr, Al, Fe)^2O^3 ; (Fe, Mg, Mn)O,$$

avec
$$\underset{2}{Cr^2O^3\ FeO} : \underset{1}{Al^2O^3\ (Fe, Mn)O} : \underset{1}{Al^2O^3\ MgO}$$

et
$$\underset{1}{Cr^2O^3, FeO} : \underset{1}{Al^2O^3(Fe, Mg, Mn)O}$$

C'est donc bien un mélange équimoléculaire de chromite et de hercynite, ce qui légitime le nom proposé plus haut

SPINELLIDES FERRIQUES

MAGNÉTITE

Fe^2O^4Fe.

Les formes observées sont a^1 et b^1. La macle suivant a^1 est souvent polysynthétique, donnant naissance à des bandes hémitropes, qui se manifestent par des stries sur les faces octaédriques et par des plans de séparation, d'origine secondaire, parallèles à celles-ci. Ces plans de séparation sont extrêmement fréquents à Madagascar. Cassure inégale ou conchoïdale très nette, surtout dans les variétés titanifères.

Dureté. 5,5 à 6,5. Fragile. *Densité.* 5,17 à 5,18 (magnétite pure).

Propriétés optiques. Noir de fer. Poussière noire. Éclat métallique, souvent très éclatant, quand le minéral est frais.

Propriétés magnétiques. Très magnétique ; exceptionnellement magnéti-polaire (*pierre d'aimant*).

Propriétés chimiques. La composition théorique est la suivante : Fe^2O^3 69,0 ; FeO 31,0. L'oxyde ferreux peut être remplacé en partie par de la magnésie (*magnésioferrite*), plus rarement par du manganèse (*manganomagnétite*). Quand il existe du titane, celui-ci est soit combiné (voir à *titanomagnétite*), soit contenu dans des lames de crichtonite incluses dans la magnétite et géométriquement orientées sur elle (*association perthitique*).

Difficilement fusible au chalumeau ; perd son magnétisme au feu oxydant en se transformant en hématite.

Les réactions du titane sont très nettes dans la titanomagnétite.

Diagnostic. Le magnétisme permet de distinguer aisément la magnétite de tous les autres minéraux noirs ; la couleur de sa poussière empêche de la confondre avec l'hématite.

GISEMENTS

La magnétite a une distribution extrêmement étendue, elle se rencontre en effet dans toutes les roches éruptives ou métamorphiques ; en général, elle y est d'autant plus abondante que celles-ci sont plus basiques, mais à Madagascar, cette règle souffre de nombreuses exceptions.

Dans les roches riches en silice, la magnétite est souvent pure, peu ou pas titanifère, bien que là encore il y ait des exceptions. Dans toutes les roches basiques, au contraire, elle appartient à des variétés titanifères, parfois très riches en titane ou bien elle est associée à la crichtonite sous forme de perthite.

Je ne m'occuperai que des gisements présentant quelque intérêt spécial.

Roches éruptives.

Granites, pegmatites et filons de quartz associés. — C'est surtout dans les pegmatites et dans les filons de quartz qui en dépendent et qui sont intercalés dans les schistes cristallins, que la magnétite abonde et, à ce point de vue, Madagascar est un peu exceptionnel.

Les cristaux y sont souvent de très grande taille, ils atteignent plusieurs centimètres. Ce sont des octaèdres qui ont parfois des faces planes, plus souvent des faces en escaliers décroissants (fig. 204 et Pl. 12, fig. 6), avec ou sans facettes b^1 (110). Enfin, il existe des cristaux de grande taille formés par le groupement à axes parallèles d'octaèdres, plus petits, à faces planes (Morafeno, au Sud de Vinaninony). Les plans de séparation suivant a^1 (111), dus à des actions mécaniques, sont très fréquents.

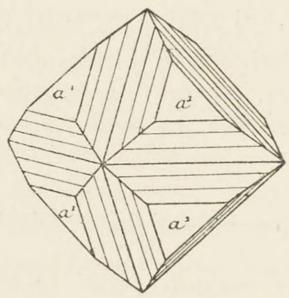


Fig. 204. — Magnétite. Forme commune.

Ces cristaux sont mis en liberté dans la terre rouge par oxydation et il n'est pas toujours facile de préciser leur origine ; ils sont fréquemment transformés en hématite (martite) ; on les trouve associés aux minéraux non décomposés de la pegmatite et particulièrement au quartz.

Voici, parmi beaucoup d'autres, quelques gisements dont j'ai vu de beaux et gros échantillons : Mangindrano au Sud du mont Tsaratanana ; Sakazera, sur la haute Mananjeby (veine quartzeuse) ; Ambodivohitra sur le Maevarano (Ouest-Sud-Ouest de Bealalana) : mont Ampasinomby (Est du lac Alaotra) ; Miakanjovato et mont Vohambohitra sur la haute Betsiboka ; Fandravazana (5 kilomètres Sud-Ouest de Tananarive) ; Morafeno (Sud de Vinaninony) ; Sama ; Tongafeno ; Fefena ; Antanamalaza ; Anjanabonoina ; Ankarongana (Amparikaolo, Antsahamaloto) ; Nord d'Ihosy ; entre le Zomandao et la Fandramanana ; Betroka ; Ibeandry ; Besakoa ; environs de Fort-Dauphin, etc...

La magnétite ne se rencontre pas seulement en cristaux distincts ; elle forme aussi dans la pegmatite et dans les filons de quartz des masses compactes (parfois de grandes dimensions), dans lesquelles ne se voit aucun plan de séparation (agrégats de grains et non plus gros cristaux). Voici quelques exemples de ce cas :

Région de Midongy de l'Ouest ; Tsararova (10 kilomètres Sud de Tsarata-

nana) ; Itrongay ; Antsahavony (au Nord du Manambato, affluent de gauche de la Mahavavy du Nord) : Bandahely en face Ambaliha, sur la rive droite du Maevarano (masses englobant des cristaux automorphes de feldspath).

Dans ce genre de gisement, ne sont pas rares les groupements perthitiques à structure octaédrique de magnétite et de crichtonite décrits page 267. Les pegmatites intercalées dans les leptynites de Sahaninoka, au Nord de Betroka en fournissent en particulier de beaux exemples

L'examen métallographique montre que la magnétite de la pegmatite à tscheffkinite d'Ianakafy, en amont de Benenitra, possède la même composition et la même structure, mais avec, en outre, des cristaux de crichtonite distribués irrégulièrement.

La magnétite existe aussi dans les aplites : tel est le cas d'une roche rosée, recueillie en blocs roulants entre Andasibe et Ranomaloto dans la région d'Andavakoera ; la magnétite, en octaèdres à faces planes et brillantes de 1 à 2 millimètres, y forme près d'un tiers de la roche. Ce même minéral n'est guère moins abondant, sous la même forme, dans une veinule de friction que j'ai rencontrée dans le granite d'Ambatoarina, sur la route d'Ambatofangehana : la magnétite y est d'origine pneumatolytique ; sa présence montre que les phénomènes mécaniques subis par le granite ont été consécutifs à sa mise en place.

Filon de quartz à magnétite. — Enfin, il me reste à signaler une association minéralogique curieuse, réalisée par un échantillon recueilli par M. Giraud dans un filon de quartz à tourmaline d'Ampasimainty, au Sud de Betroka. De la magnétite grenue renferme de la hercynite verte et de la sillimanite microscopiques, ainsi que des cristaux de corindon jaune atteignant 1 centimètre de diamètre.

Pegmatites syénitiques à ægyrine. — De très beaux octaèdres de magnétite atteignant 5 à 6 centimètres, se rencontrent dans la pegmatite à ægyrine, torendrikite et bastnaésite de la région Ifasina-Itorendrika. Ils sont souvent cristallitiques, creusés de cavités. Ils renferment une teneur élevée en titane ; un échantillon, profondément corrodé naturellement, m'a permis de voir que, là encore, cette proportion de titane est due à des lames de crichtonite orientées suivant les faces de l'octaèdre de la magnétite. Parfois cette crichtonite est elle-même transformée en rutile dont les aiguilles d'un brun rouge sont réticulées et couchées dans les faces a^1 de leur hôte.

Cette magnétite englobe parfois les autres minéraux de la pegmatite et notamment la biotite. Il existe aussi une seconde génération de cristaux plus petits de magnétite, implantés sur la bastnaésite et parfois même sur des cristaux de pyrite.

Dans la même vallée, à Ambaliha, se trouve une curieuse association d'octaèdres de magnétite, de lames de biotite et de grains d'apatite.

A une centaine de mètres à l'Est d'une fouille, faite à 1 kilomètre au Nord d'Itorendrika, il existe, dans la terre rouge, des blocs d'une magnétite compacte, à peine titanifère, associée à un peu de quartz dont les cavités renferment, çà et là, de gros octaèdres de magnétite, et de l'hématite qui englobe des baguettes cannelées de rutile.

Gabbros. — Les argiles latéritiques formées aux dépens des gabbros de l'Itsindra renferment en grande quantité des blocs de magnétite magnétipolaire creusés de cavités que tapissent de petits cristaux (a^1) de ce même minéral. Il s'agit sans doute là de ségrégations magmatiques qui toutefois n'ont pas été vues en place.

Quelques fragments d'amphibole, englobés dans les échantillons de la magnétite qui est si abondante, en blocs épars, dans la vallée de la Vangoa, affluent du Mahajilo, à une trentaine de kilomètres de Miandrivazo, me font penser que ce minéral provient de la désagrégation de gabbros : ce sont des groupements perthitiques octaédriques de magnétite et de crichtonite associés à de grosses masses homogènes de crichtomite (page 267).

Contacts de roches éruptives.

Un petit amas de magnétite, englobé dans des cornéennes à grenat et amphibole, se trouve à Andranomantoraka près Ampasibitika, au contact du granite à riebeckite et des calcaires liasiques.

Dans les environs de Mandro, au Sud de Betafo, les quartzites et les calcaires sont profondément métamorphisés au voisinage d'une amphibolite qui résulte probablement, elle-même, de la transformation d'un gabbro. La magnétite y abonde dans des roches à épidote, pyroxène, etc., alors que les quartzites se chargent à la fois de magnétite grenue et d'hématite écailleuse.

Schistes cristallins.

La magnétite est aussi fort abondante dans les types gneissiques les plus divers. On a souvent cité en particulier une bande s'étendant de 30 kilomètres au Nord d'Ambatolaona (station du chemin de fer de l'Est) jusqu'aux environs de Vinanitelo, dans la région de Fianarantsoa. La magnétite y forme des masses ou des cristaux distincts, qui ont été exploités par les Malgaches. Je n'ai pas visité moi-même cette région, mais, d'après les échantillons que j'ai examinés, je pense que si la magnétite s'y trouve parfois dans des gneiss, elle s'y rencontre surtout

dans les quartzites à magnétite, qui jouent un si grand rôle dans l'île (région du lac Alaotra et bordure de la grande falaise, entre le parallèle de Tananarive et Fianarantsoa par exemple, région de Maevatanana, etc.) et dont les principaux gisements sont énumérés dans le tome II (Schistes cristallins voir aussi à Minerais de fer). Quand, dans ces roches, la teneur en magnétite est très élevée, et quand ce minéral est uniformément réparti, il n'a généralement pas de formes géométriques ; lorsqu'au contraire, il est clairsemé (certains gisements de la région de Maevatanana), il s'y trouve fréquemment en octaèdres nets à plans de séparation facile.

Au Sud-Sud-Ouest de Farafangana, se trouvent, à Amparihibe (rive droite du Mananivo) des blocs de magnétite compacte, magnétipolaire, et à Anilobe (entre le Mananara et son affluent de gauche la Manambato) des blocs de magnétite formant un réseau continu qui englobe un peu de quartz et beaucoup de pseudomorphoses ferrugineuses de pyroxène ou d'amphibole.

La magnétite ne se rencontre pas seulement dans les gneiss acides, elle forme aussi dans leurs accidents basiques des masses grenues, souvent mélangées de pyroxène et d'amphibole (kilomètre 19 de la route d'Arivonimano à Miarinarivo). Les échantillons, que je dois au P. Muthuon, sont magnétipolaires [1].

La magnétite constitue de petits octaèdres à faces brillantes (1 à 2 millimètres) dans les gneiss à néphéline de Makaraingo.

Alluvions.

Cette abondance de la magnétite dans toutes les roches de l'île permet de comprendre pourquoi ce minéral est le plus important de ceux qui constituent les sables noirs des fonds de batée des lavages aurifères : il y est accompagné d'ilménite. Les cristaux à formes nettes (a^1; a^1b^1) ne sont pas rares.

Dans la région de Maevatanana, où les sables fins à magnétite sont particulièrement abondants par suite de la proximité des quartzites à magnétite, on trouve aussi en grande quantité de gros octaèdres à faces en escaliers ; ils englobent parfois du microcline et proviennent très probablement de la destruction des pegmatites.

Les alluvions de quelques rivières du Massif cristallin renferment de la magnétite sous une autre forme, à l'état de gros galets parfaitement arrondis, à surface polie, pouvant peser plusieurs kilogrammes et qui, dans la cassure, se mon-

1. Il en est de même pour des blocs de magnétite recueillis, avec chromohercynite, dans la terre rouge de la région d'Ankararano près Vangaindrano et dont le mode de gisement est inconnu.

trent constitués par de la magnétite grenue, à éclat très vif (la Farariana près Angomoa à l'Ouest de Fénérive; Vohitralanana, à l'Ouest-Nord-Ouest de Foulpointe (avec inclusions de grains de pléonaste et de longues baguettes d'anthophyllite); Ambatolaingo au Sud-Sud-Ouest de Beforona); l'association de ces galets à du corindon roulé dans le dernier de ces gisements fait penser à une origine cristalllophylienne.

Lorsque ces alluvions se sont formées aux dépens de schistes cristallins acides ou de granites, leur magnétite est parfois dépourvue de titane, mais lorsqu'elles descendent des montagnes volcaniques, on y trouve surtout de la titanomagnétite.

TITANOMAGNÉTITE

Roches volcaniques. — La magnétite est un élément constant de toutes les roches volcaniques, mais c'est seulement dans les types à facies basaltique (basaltes, basanites, ankaramites, ankaratrites) qu'elle se présente en échantillons macroscopiques, octaèdres nets ou grains, dont la dimension dépasse parfois celle d'une noix. Sa cassure est conchoïde, elle donne des globules sphériques d'un noir très éclatant. Dans les cônes de scories on peut recueillir ce minéral en échantillons isolés (Nosy Be ; massif d'Ambre ; Ankaratra ; Comores, etc.,) ; il abonde surtout, dans les rivières qui drainent les régions volcaniques.

Je citerai comme exemple, dans l'Ankaratra, Ambatojavato au Nord du Tsiafajavona, Andranomadio, Andriankely et les autres gisements cités sur l'étude du zircon (p. 237) et du corindon (p. 255), puis Ampahimanga (Sud d'Arivonimamo); les rivières du Massif d'Ambre, de Nosy Be, etc.

Cette magnétite est toujours très titanifère, je n'ai pas réussi à y mettre en évidence de structure perthitique, aussi faut-il la considérer comme constituant la véritable *titanomagnétite*. Une de ses caractéristiques est l'absence de plans de séparation si fréquents dans la magnétite des roches anciennes de l'île, ce qui vient confirmer l'origine secondaire de ceux-ci qui sont dus à des actions mécaniques.

L'analyse suivante a été faite sur un échantillon de l'Ankaratra dont la densité est de 4,503.

Fe^2O^3	38,31
FeO	31,82
MnO	0,20
MgO	5,58
TiO^2	24,06
	99,97

Cette composition rappelle celle des ilménites, avec cette différence que le titanate de fer et de magnésie (44 °/₀ environ) est uni à de la magnétite et non plus à de l'hématite, à moins que le titane n'existe à l'état de Ti^2O^3 isomorphe de Fe^2O^3. En tous cas, ce minéral se distingue de l'ilménite en ce qu'il est très attérable à l'aimant et qu'il est décomposé avec la plus grande facilité par (HCl avec résidu blanc d'acide titanique).

CYMOPHANE
(CHRYSOBÉRYL)
Al^2O^4Gl.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique : $a:b:c = 0{,}58007 : 1 : 0{,}47007$; $mm' = 119°46'$. Macle de contact ou de pénétration suivant g^2 (130), souvent répétée et fournissant parfois un assemblage à symétrie pseudohexagonale. Clivages, assez faciles suivant m (110), peu nets suivant g^1 (010) et p (001). Cassure conchoïdale à inégale.

Dureté. 8,5. *Densité.* 3,5 à 3,84.

Propriétés optiques. Jaune d'or ou vert olive, avec reflet rouge (*alexandrite*). Éclat vitreux très vif, un peu gras. Transparente ou translucide. Optiquement positive ; plan des axes optiques parallèle à g^1 (010) ; bissectrice aiguë, normale à h^1 (100) ; $n_g = 1.7565$; $n_m = 1{,}784$; $n_p = 1{,}7470$; $2V = 45°20'$; $2E = 84°43'$.

Propriétés chimiques. La composition théorique est Al^2O^3 80,2 ; GlO 19,8. Les réactions pyrognostiques sont celles des spinelles, mais avec les réactions de la glucine en plus et celles de la magnésie en moins.

Diagnostic. Les formes, la dureté, la densité et les propriétés optiques permettent de distinguer la cymophane des autres minéraux jaunes.

GISEMENTS

La cymophane est un minéral spécial aux pegmatites. Je l'ai rencontrée [88] dans les pegmatites à béryl de plusieurs régions de l'île et notamment dans celle du district d'Ankazobe. A Miakanjovato, elle se rencontre sous forme de masses cristallines intimement mélangées au béryl, à la magnétite et à l'albite. Dans les échantillons que je dois à M. Florens, se trouvent des cristaux, cependant incomplets, qui atteignent jusqu'à 15 centimètres suivant a, ce sont les monstres de cette espèce. La cymophane s'y trouve aussi en cristaux nets (3 centimètres). avec faces p striées parallèlement à a et associées à e^1 (011), $e^{1/2}$ (021), $e^{1/3}$ (031), e_3 (211) : les faces m (110) sont très développées et parfois accompagnées de g^3 (120) (fig. 205 et 206). Les macles suivant g^2 (130) sont fréquentes, elles sont toujours formées de deux individus seulement (fig. 207). Quand les faces p

sont peu développées, elles ont un facies conique (Pl. 12, fig. 3); j'ai observé ainsi un cône très régulier à surface cannelée qui n'est sans doute qu'une macle de ce genre dont toutes les faces planes ont disparu par corrosion.

L'analyse spectrale faite par M. de Gramont révèle dans la cymophane de ce

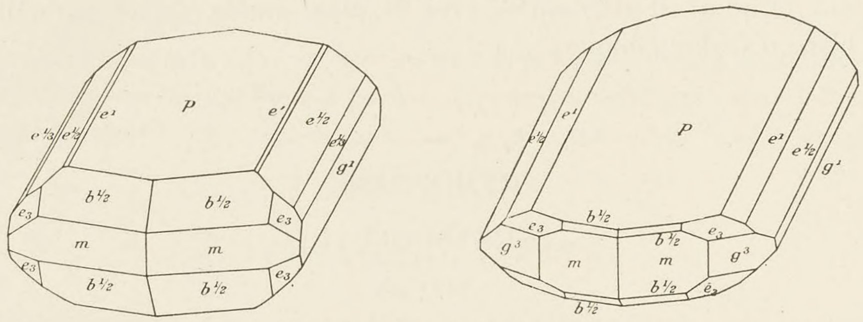


Fig. 205 et 206. — Cymophane de Miakanjovato.

gisement une quantité notable de scandium et de titane et des traces de baryum, corps qui n'ont pas encore été signalés dans ce minéral.

Dans la même région, à Marivolanitra, la cymophane forme des cristaux à

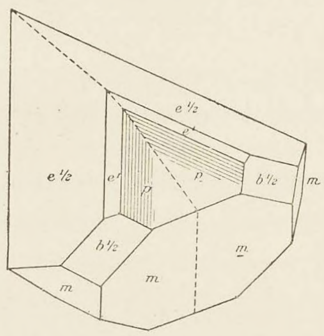


Fig. 207. — Cymophane de Miakanjovato. Macle suivant g^2.

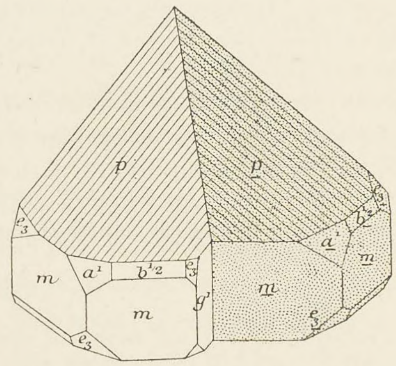


Fig. 208. — Cymophane de la région d'Antsirabe. Macle suivant g^2.

faces *p* et *m* dominantes, avec allongement suivant *a*; ils sont engagés soit dans le quartz, soit dans le béryl.

Des cristaux transparents d'un beau jaune d'or (p, m, g^1), aplatis, se rencontrent dans la pegmatite d'Ambatosoratra, à l'Est du lac Alaotra (Pl. 12, fig. 5).

Enfin, la figure 208 représente une jolie macle provenant de la région d'Antsirabe, mais dont je ne connais pas le gisement exact (Pl. 12, fig. 4).

Alluvions.

Les alluvions aurifères de l'Ifempina et de la Belambo renferment des grains roulés de cymophane, parfaitement limpides, qui constituent une jolie gemme;

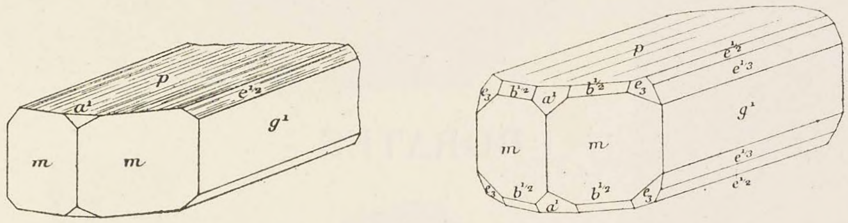


Fig. 209 et 210. — Cymophane de l'Ifempina.

dans les échantillons de l'Ifempina se voient, çà et là, quelques faces reconnaissables appartenant aux diverses formes énumérées plus haut; elles permettent de reconstituer l'aspect des cristaux (fig. 209 et 210), qui rappellent ceux du Brésil.

X

BORATES

HAMBERGITE

$BO^3Gl^2(OH)$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0{,}79877 : 1 : 0{,}72676$; $mm = 102° 46'$; $e^1e^1 = 107° 59'$.

Clivages : extrêmement facile suivant g^1 (010), très facile suivant h^1 (100), donnant des lames très planes et brillantes. Macle suivant m (110). Cassure conchoïdale.

Dureté. 7,5. *Densité.* 2,36 (Imalo).

Propriétés optiques. Incolore, parfaitement limpide. Éclat vitreux.

Optiquement positive ; plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë, perpendiculaire à p (001).

Propriétés chimiques. La composition théorique est la suivante : B^2O^3 37,1 ; GlO 53,3 ; H^2O 9,6.

Infusible au chalumeau, mais perd de l'eau et devient opaque.

Insoluble dans les acides autres que l'acide fluorhydrique ; le produit de l'attaque, évaporé à sec et additionné d'alcool, colore la flamme en vert. Réaction de la glucine.

Diagnostic. Les deux clivages font entre eux un angle de 90° et sont inégalement faciles ; ils donnent des lames planes, brillantes et minces, ce qui permet la distinction avec le triphane dont les clivages font entre eux un angle de 87° environ et ne fournissent que des lames épaisses.

La densité est plus faible que celle des autres minéraux incolores des pegmatites.

GISEMENTS

La hambergite n'était connue que comme extrême rareté dans la syénite à barkevicite et biotite d'Helgaråen près de l'entrée du Langensundfjord dans le Sud de la Norvège[1], lorsque je l'ai signalée dans la région de Betafo [43]; elle

1. W. C. Brögger. *Zeitschr. f. Kryst.,* t. 16, 1890, p. 65.



Clichés Cintract et Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Barytine ; Ranomafana (Andavakoera) (fig. 1). - *Bismuthinite épigénisée en bismuthosphérite* ; Ampangabe (fig. 2).
Cymophane, macle g^2 ; Miakanjovato (fig. 3) ; Région d'Antsirabe (fig. 4) ; Ambatosoratra (fig. 5).
Magnétite ; Sakazera (fig. 6). — *Hambergite* ; Maharitra (fig. 7) ; Imalo (fig. 8).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

y a été trouvée à Imalo, près de la Mania [et non à Anjanabonoina, comme je l'ai écrit d'abord, d'après des renseignements inexacts] dans la terre rouge résultant de la désagrégation d'une pegmatite (probablement sodo-lithique); elle y était accompagnée d'un peu de danburite, de béryl blanc et rose et d'amazonite. Cette trouvaille a fourni une centaine de kilogrammes de ce minéral qui n'a plus été rencontré depuis lors dans cette localité.

Les cristaux, toujours de grande taille, atteignent parfois plus d'un décimètre; ils sont allongés suivant c; beaucoup d'échantillons ne sont que des fragments de clivages terminés par une cassure conchoïdale; leurs faces sont généralement ternes.

Quelquefois ces cristaux sont également développés suivant a et b, mais en général, ils sont aplatis par suite du développement de larges faces h^1

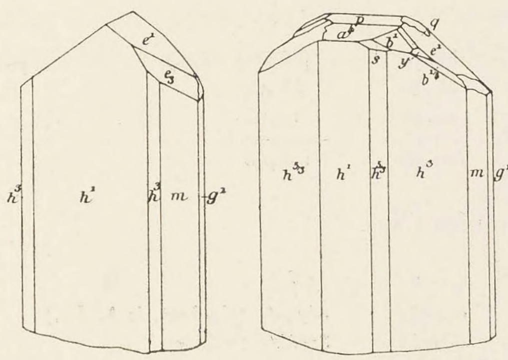


Fig. 211 et 212. — Hambergite d'Imalo.

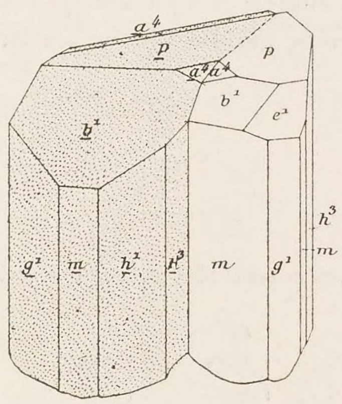


Fig. 213. — Hambergite d'Imalo. Macle suivant m.

(Pl. 12, fig. 8) ou par suite de l'existence du prisme h^3 (210), qui oscille avec h^1 ($h^1 h^3 = 158° 14'$) ou de prismes encore plus obtus; les faces h^1 (100), g^1 (010), m (110), h^3 (210), e^1 (011) se rencontrent dans tous les cristaux.

MM. Goldschmidt et Müller ont signalé [17] de nombreuses autres formes (fig. 211 et 212); parmi celles-ci, quelques-unes sont assez fréquentes : p (001), $h^{5/3}$ (410), a^4 (104), b^1 (112); $y = (b^1 b^{1/5} g^{1/2})$ (122); e_2 (132); $e_{1/3}$ (123); $b^{1/4}$ (221); d'autres ont été rencontrées une seule fois : h^5 (230), $b^{1/2}$ (111), $s = (b^1 b^{1/5} h^{1/2})$ (212), e_3 (121), $t = (b^1 b^{1/5} g^{1/2})$ (124). M. Ungemach a observé [105] les prismes h^7 (430) et h^{11} (650).

Ces cristaux, riches en faces, n'ont généralement pas plus de 4 centimètres de longueur; ils sont parfois groupés à axes parallèles; enfin, la figure 213, repro-

duite d'après MM. Drugman et Goldschmidt [7], représente une macle suivant m (110), mesurant 20 centimètres de hauteur et pesant 1kg,6.

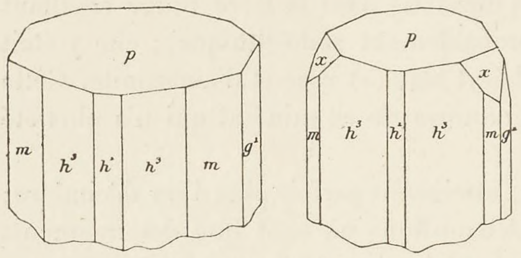


Fig. 214 et 215. — Hambergite de Maharitra.

J'ai trouvé [51], le même minéral en cristaux de 3 à 4 centimètres (Pl. 12, fig. 7) associés au triphane transparent de Maharitra ; ils sont caractérisés (fig. 214 et 215) par le grand développement de h^3 et diffèrent des cristaux d'Imalo en ce qu'ils sont terminés par une face p, associée à une pyramide $x = (b^{1} {}^{1/3}b^{1/6}\, g^{1/2})$ (362).

L'analyse a a été faite par M. Pisani sur le minéral d'Imalo ; b, hambergite de Norvège par Bäckström (*in* Brögger).

	a	b
B^2O^3	35,10	[36,72] (diff.)
GlO.	54,80	53,25
H^2O.	10,95	10,03
	100,85	100,00

Les constantes suivantes ont été mesurées (Na).

n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	2V	
1,6272	1,5864	1,5530	0,0742	86°22′	(Gaubert, *in* A. Lx.)
1,6285	1,5885	1,5542	0,0743	87°38′	(Müller).
1,6311	1,5908	1,5595	0,0716	87°7′	(Brögger) (Norvège).

Par sa limpidité et sa réfringence, la hambergite pourrait être une pierre précieuse comparable à la topaze blanche si l'extrême facilité de ses clivages ne rendait sa taille impossible.

RHODIZITE

$B^{12}O^{35}Al^6Gl^4(Cs, Rb, K, Na, H)^8$.

Propriétés cristallographiques. Cubique, tétraédrique. Ce minéral se présente seulement en cristaux ne possédant que des clivages difficiles suivant les faces tétraédriques.

Dureté. 8. *Densité.* 3,25 (Madagascar), 3,38 (Oural).

Propriétés optiques. Incolore, blanc verdâtre ou jaunâtre. Transparente ou translucide. Éclat

vitreux un peu gras. Traces de biréfringence. $n = 1{,}686$ (A. Lacroix) (Antandrokomby), 1,6952 (Manjaka) (Duparc, Wunder et Sabot).

Propriétés chimiques. La formule donnée plus haut est déduite de l'analyse reproduite ci-contre.

Le minéral fond difficilement au chalumeau en un verre blanc.

Insoluble dans les acides.

Diagnostic. La forme tétraédrique et les réactions pyrognostiques ne permettent de confondre ce minéral avec aucun autre.

GISEMENTS

La rhodizite n'était connue qu'en cristaux extrêmement petits à la surface de la rubellite drusique de Schaitansk (Oural), lorsque je l'ai découverte comme élément de la pegmatite sodo-lithique d'Antandrokomby [44 et 51].

Dans ce gisement, elle forme des cristaux de $1^{cm},5$ appartenant à deux types. L'un a le facies tétraédrique (fig. 216 et 217), par suite de la prédominance du tétraèdre $+ {}^{1}/_{2}a^{1}$ (111), généralement accompagné par de très petites facettes du tétraèdre $- {}^{1}/_{2}a^{1}$, avec, presque toujours, b^{1} (110) et quelquefois p (100) (fig. 216).

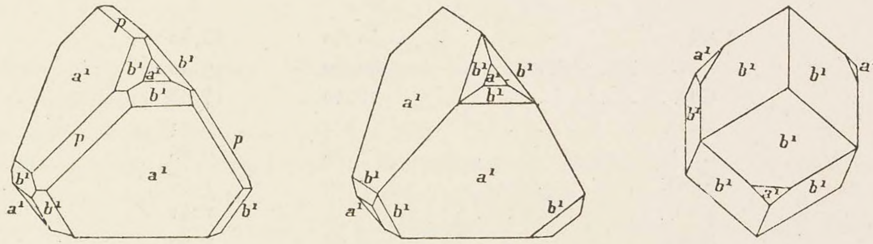


Fig. 216 à 218. — Rhodizite. d'Antandrokomby et de Manjaka.

L'autre est caractérisé par la prédominance du rhombododécaèdre b^{1} (fig. 218) qu'accompagnent de petites faces $+ {}^{1}/_{2}a^{1}$. Dans le premier type, les faces du tétraèdre dominant portent des stries triangulaires en escaliers.

Plus récemment, MM. Duparc, Wunder et Sabot ont analysé deux cristaux isolés du même minéral [12]; ils leur avaient été donnés comme provenant d'Ampatika dans la vallée de la Sahatany. Cette indication géographique est certainement due à une erreur d'étiquetage, aucune localité de ce nom n'existant dans cette vallée. J'ai pu trouver la provenance exacte du minéral, et j'en ai exploré moi-même le gisement; il s'agit de Manjaka. Les cristaux de rhodizite, d'un jaune paille ou d'un jaune d'or, y ont jusqu'à 2 centimètres; ils ont les mêmes formes que ceux d'Antandrokomby, mais ils sont beaucoup plus fragiles et plus difficiles à extraire entiers; le type dodécaédrique (fig. 218) paraît dominer. L'examen microscopique de la pegmatite montre que le même minéral existe aussi en cristaux extrêmement

petits, entourant des plages corrodées de triphane. La rhodizite est localisée sur les bords du filon de pegmatite, elle est associée à la rubellite d'un rouge sang très foncé.

Bien avant d'avoir décrit ces minéraux, j'avais eu à ma disposition un très petit cristal transparent de rhodizite qui m'avait été donné comme diamant ; il a été recueilli dans des alluvions de la région d'Antsirabe (probablement vallée de la Sahatany).

Comme curiosité, j'ai fait tailler de petites pierres dans un cristal transparent de rhodizite, elles sont assez réfringentes (voir plus haut la valeur de l'indice de réfraction).

J'ai publié l'analyse (*a*) de M. Pisani qui n'avait été faite que sur une très petite quantité de matière provenant d'Antandrokomby : elle présente des résultats différents, notamment en ce qui concerne la lithine, de ceux formés depuis lors, par une analyse du minéral de Manjaka (*b*) publiée par MM. Duparc et Wunder et Sabot :

	a	*b*
B^2O^3	40,60	43,33
Al^2O^3	30,50	27,40
GlO	10,10	14,93
MgO	»	0,11
Li^2O	7,30	0,68
Na^2O	3,30	1,78
K^2O		1,41
Rb^2O	5,90 (K²O + Rb²O + Cs²O)	2,29
Cs^2O		3,47
P.F.	0,45	1,42
SiO^2	1,36	3,18
	99,51	100,00

Il est vraisemblable que la silice est due à une impureté du minéral qui a dû être imparfaitement isolé et devait contenir une petite quantité d'albite, les nombres ci-contre doivent donc être rectifiés en ce qui concerne l'alumine et la soude. La formule donnée plus haut est déduite de la seconde de ces analyses.

L'étude chimique du minéral malgache rectifie l'idée que l'on se faisait de la composition de la rhodizite ; l'analyse faite par Damour[1] sur une très petite quantité du minéral de l'Oural n'y avait pas décelé la glucine.

1. *Bull. soc. franç. minér.*, t. V, 1882, p. 98.

XI

PHOSPHATES, VANADATES[1]

I.

PHOSPHATES ANHYDRES ET PHOSPHATES BASIQUES

XÉNOTIME

PO^4Y.

Propriétés cristallographiques. Quadratique. $c = 0{,}61867$; $b^{1/2}\, b^{1/2}\, s \cdot p = 97°38'$. Clivages parfaits suivant m (110).

Dureté. 4 à 5. Fragile. *Densité.* 4,45 à 4,56.

Propriétés optiques. Jaune ou brunâtre. Transparent ou translucide. Éclat vitreux à résineux. Uniaxe et optiquement positif ; $n_g = 1{,}8155$; $n_p = 1{,}7207$.

Propriétés chimiques. La formule PO^4Y correspond à la composition : P^2O^5 38,6 ; Y^2O^3 61,4. Le minéral contient toujours un peu d'erbium et de cérium.

Infusible, insoluble dans les acides.

Diagnostic. Se distingue du zircon, qui a des formes identiques, par la facilité de ses clivages et par sa moindre dureté ; le xénotime est rayé par l'acier.

GISEMENTS

Le gisement originel du xénotime de Madagascar, que je n'ai rencontré que dans les alluvions [79], n'est pas connu, mais il se trouve certainement dans les gneiss, les granites ou les pegmatites, comme la monazite, à laquelle il est toujours associé.

Je l'ai rencontré à Kiravoravo (Est d'Ampoasary), en cristaux brunâtres, atteignant 4 millimètres, allongés suivant a comme les cristaux du Brésil, ils présentent les formes m (110), $b^{1/2}$ (111), avec h^1 (100) accessoire (fig. 116, page 234).

1. Je n'ai observé jusqu'ici à Madagascar aucun arséniate.

Ces cristaux sont associés à du zircon, de la monazite, de la magnétite, de l'ilménite, du rutile et de la sillimanite.

Les fonds de batée des alluvions de la Volotara, affluent de l'Ivoloina, renferment le xénotime avec la même forme, mais les cristaux sont plus roulés et plus jaunes. Ils y accompagnent la monazite, le zircon, le rutile, le disthène et la staurotide.

MONAZITE

PO^4(Ce, La, Di).

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0,9708 : 1 : 0,92173$; $zx = 76°14'$; $mm = 93°22'$. Clivages ou plans de séparation suivant p (001), plus rarement suivant h^1 (100) et g^1 (010). Macle suivant h^1. Cassure conchoïdale ou irrégulière.

Dureté. 5 à 5,5. Fragile. *Densité*. 4,9 à 5,3.

Propriétés optiques. Jaune de diverses nuances, brun girofle, brun rouge. Translucide. Éclat vitreux et résineux, très éclatant sur les clivages et les plans de séparation.

Optiquement positive, plan des axes optiques perpendiculaire à g^1 et presque parallèle à h^1. Bissectrice aiguë, faisant 2° à 5° avec ph^1, dans l'angle obtus ph^1 (10° dans la monazite d'Ambatofotsikely, d'après M. Sabot). Voir plus loin les indices de réfraction. Léger polychroïsme dans les teintes jaunes, avec maximum suivant n_m.

Propriétés chimiques. Dans la formule donnée plus haut, les rapports des trois métaux sont variables. Il existe toujours une teneur variable en thorine, qui détermine la *radioactivité* du minéral ; la présence du didyme entraîne l'existence d'un spectre d'absorption dans le jaune, le vert et le bleu.

Infusible au chalumeau.

Difficilement attaquée par HCl ; soluble dans SO^4H^2 ; la solution acide précipite par l'acide oxalique et donne les réactions de l'acide phosphorique.

Diagnostic. Les réactions chimiques sont caractéristiques de ce minéral, qui, examiné au spectroscope, fournit les raies d'absorption du didyme (Voir tome II pour les procédés de recherche et de dosage du thorium).

GISEMENTS

Roches éruptives.

Pegmatites granitiques. — Depuis l'époque récente, où j'ai signalé [47] le premier gisement de monazite en place à Madagascar dans une pegmatite, le nombre des gisements de ce minéral s'est rapidement accru et la Grande Ile peut être considérée comme l'un des pays fournissant les plus gros et les plus beaux cristaux de ce minéral. La plupart de ces gisements se trouvent dans

les pegmatites potassiques à béryl. Très souvent intimement associés au mica, les cristaux présentent un aspect uniforme ; ils sont brun de girofle [1] et remarquablement nets. Ils ont souvent plus de 10 centimètres de plus grande dimension; certains d'entre eux rappellent par leur aspect les cristaux des pegmatites du Sud de la Norvège.

Deux types principaux sont à distinguer dans ces cristaux.

Type I. — Le premier est caractérisé parce que h^1 (100) et g^1 (010) existent seuls dans la zone verticale. Le gisement principal à signaler est le mont Vohambohitra, sur la rive droite de la haute Betsiboka au Nord d'Ankazobe. J'y ai observé [76] des échantillons mesurant plus de 6 centimètres et ce ne sont cependant que des fragments de cristaux qui devaient avoir au moins le double de ces dimensions. Ils présentent toujours $b^{1/2}$ $(1\bar{1}\bar{1})$ et $e^{1/2}$ (021) (fig. 219 et 220). Ils possèdent un clivage basique très facile qui donne à leurs fragments

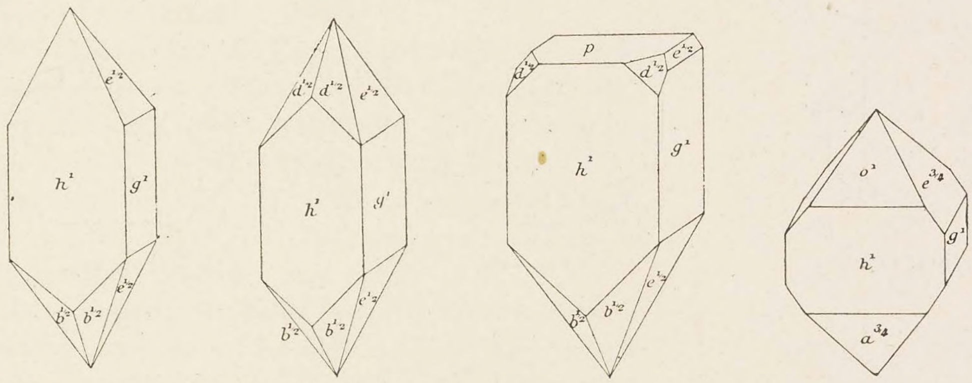


Fig. 219 à 222. — Monazite (Type I). Mont Vohambohitra (fig. 219 à 221) ; Ampangabe (fig. 222).

l'aspect hémimorphe de la figure 221. Mais il existe en outre des plans de séparation très faciles suivant h^1 (avec éclat nacré très vif) et d'autres, difficiles, suivant g^1. Ces cristaux, d'un beau jaune brunâtre, ont des faces très éclatantes. La radioactivité accuse une teneur en ThO^2 d'environ 8,9 pour 100. Cette monazite n'est pas accompagnée de minéraux uranifères, mais dans des gisements voisins, contenant du béryl, se trouve aussi, avec samarskite, strüvérite, etc., de la monazite dont je n'ai vu que des cristaux informes (voir plus loin).

J'ai rencontré des cristaux (ternes) de ce même type cristallographique à Ampangabe ; mais les faces qui accompagnent h^1 et g^1 sont o^1 (101), $a^{3/4}$ $(\bar{4}03)$, $e^{3/4}$ (043) (fig. 222).

1. Ces cristaux de monazite sont souvent fendillés, ce qui, lorsqu'ils sont translucides, détermine la production de reflets aventurinés, rappelant ceux de la pierre de soleil.

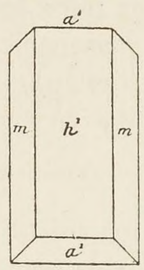


Fig. 223.

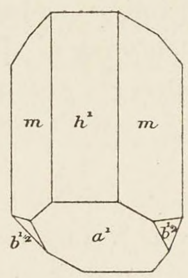


Fig. 224.

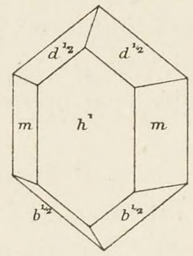


Fig. 225.

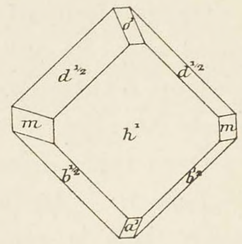


Fig. 226.

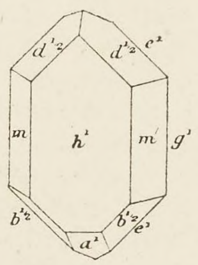


Fig. 227.

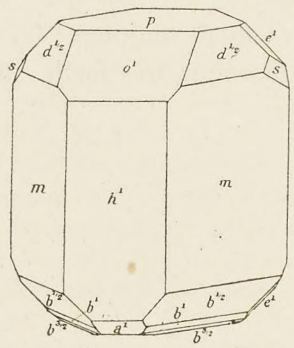


Fig. 228.

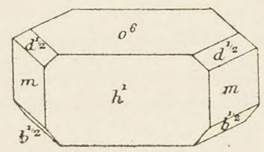


Fig. 229.

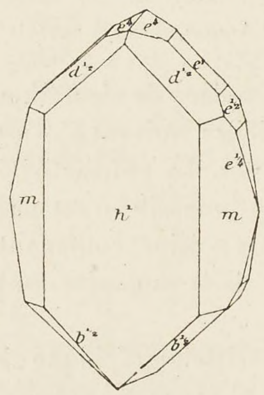


Fig. 230.

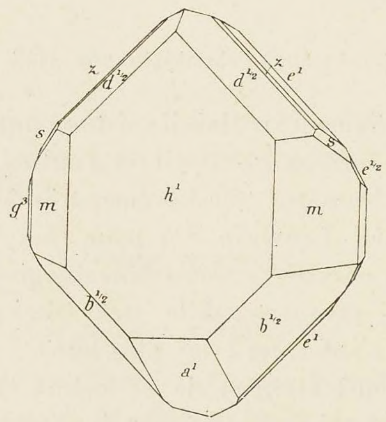


Fig. 231.

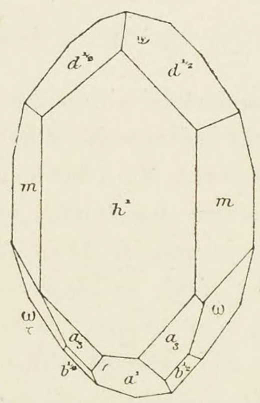


Fig. 232.

Fig. 223 à 232. — Monazite (Type II).
Formes communes (fig. 225 à 227) ; Ampangabe (fig. 223 et 224) ; Ambatofotsikely (fig. 228 à 232).

Type II. — Le second type, de beaucoup le plus fréquent, est caractérisé par un aplatissement plus ou moins grand suivant h^1, accompagné par m (Pl. 13, fig. 1, 2 et 4) et soit a^1 $(\bar{1}01)$, soit o^1 (101) ou les deux réunis ; plus rarement a^1 prédomine ; en outre $d^{1/2}$ et $b^{1/2}$ sont presque toujours présents (fig. 225 à 227).

Les deux principaux gisements à citer sont Ampangabe et Ambatofotsikely, où la monazite est souvent intimement associée à l'ampangabéite, à la columbite, à l'almandin-spessartite, etc. ; ses cristaux sont très fréquemment implantés sur les micas et ils en portent l'empreinte sous forme de plans en gradins, plus ou moins irréguliers. MM. Duparc, Sabot et Wunder, qui ont décrit [15], après moi, les cristaux d'Ambatofotsikely, y ont signalé les mêmes formes, mais avec, en outre, la combinaison représentée par la figure 229, dans laquelle se trouve o^6 (106), sur des cristaux raccourcis suivant l'axe vertical.

Plus récemment, M. Ungemach [106] a observé les formes e^1 (011), $e^{1/2}$ (021), g^3 (120), $s = (d^1 b^{1/3} g^1)$ (121) et $z = (d^1 b^{1/3} g^{1/2})$ (122) (fig. 231), ainsi qu'un type spécial, caractérisé (fig. 228) par le grand développement de m (110), avec les pyramides $b^{1/2}$, b^1 $(1\bar{1}2)$, $b^{3/2}$ $(1\bar{1}3)$ et p (001) ; les clivages h^1 et les plans de séparation suivant p sont nets.

D'autre part, M. Sabot [101] a décrit les combinaisons montrées par les figures 231 et 232, présentant e^4 (014), $e^{1/2}$ (021), $e^{1/4}$ (041), a_3 $(\bar{2}11)$ et $\omega = (b^1 d^{1/3} g^1)$ $(\bar{1}21)$.

Les figures 233 à 235 représentent des cristaux d'Ambatofotsikely dans lesquels j'ai observé un curieux allongement suivant une arête h^1 $d^{1/2}$, accompagné de la disparition de certaines faces ; ce facies paraît dû à la gêne que ces cristaux ont éprouvée en se développant sur des lames de mica. M. Sabot a décrit [101] un autre type d'allongement anormal (fig. 236).

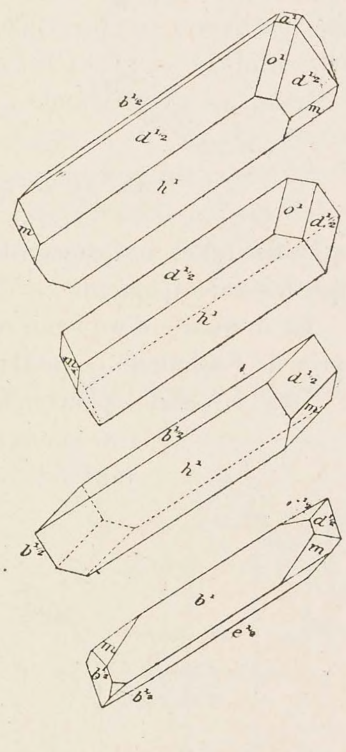


FIG 233 à 236. — Monazite d'Ambatofotsikely (Allongements anormaux).

La figure 5 de la planche 13 reproduit un autre cas de déformation qui n'est pas rare et qui rappelle celui connu dans la monazite de Norvège : il est comparable à celui décrit aux articles strüvérite, béryl et thortveitite. Sa caractéristique réside dans un étirement des cristaux qui se terminent par des plans impossibles à préciser géométriquement.

Enfin, des macles suivant h^1, soit binaires (fig. 237 et 238) (La figure 7, de la planche 13, montre la gouttière formée par les faces $o^1\underline{o}^1$; la face h^1 a été placée parallèle à la marge), soit polysynthétiques (fig. 239) (Pl. 13, fig. 3) sont fré-

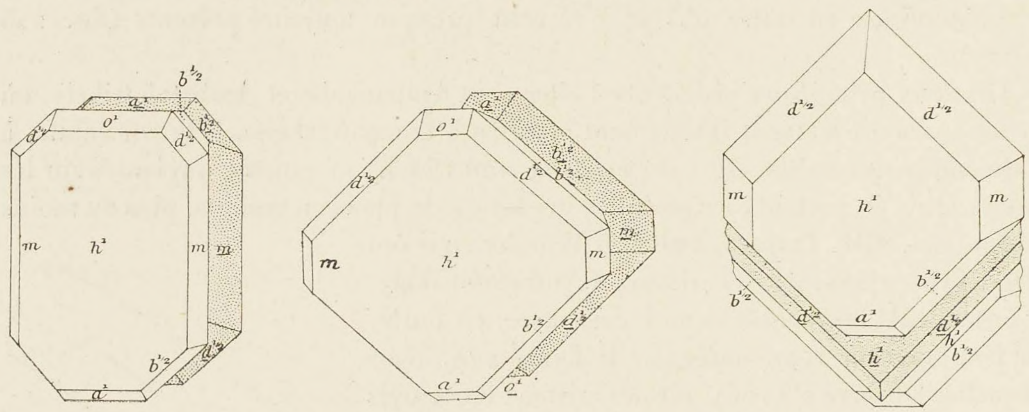


Fig. 237 et 239. — Monazite. Macle suivant h^1. Ambatofotsikely.

quéntes ; elles ont souvent de plus grandes dimensions que les cristaux simples qui les accompagnent.

La monazite d'un brun rougeâtre a été rencontrée dans la région d'Ambohibe, près de Fiadanana (type II).

Des cristaux appartenant à ce même type se rencontrent à Tsaramanga (mi-chemin entre Antsirabe et Betafo) ; ils sont peu aplatis suivant h^1, un peu allongés suivant c, ils présentent $e^{1/2}$ et g^1.

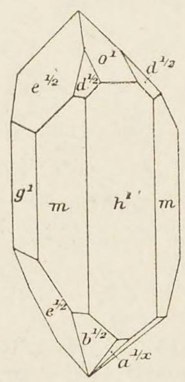


Fig. 240. — Monazite du Mont Tsaramanga.

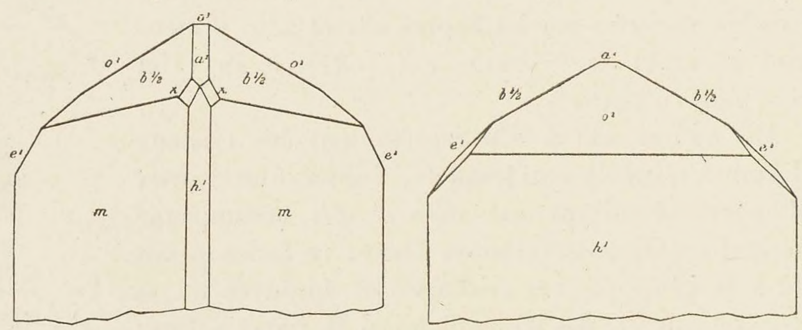


Fig. 241 et 242. — Monazite. Mont Vohambohitra. (Cf. figure 6 de la Planche 13).

(fig. 240), Des cristaux de la même forme, mais un peu aplatis sont englobés dans la pegmatite d'Ambohitravorano, au N. de Maharitra (vallée de la Sahatany). Il faut citer encore des cristaux analogues à Ambalamafana (sources de la Sahatany), puis à 3 kilomètres Ouest de Betafo [cristaux translucides à faces

Ouest de Betafo [cristaux translucides à faces brillantes d'un beau jaune brun (h^1, g^1, m, $b^{1/2}$, $e^{1/2}$)]; à Ampatrana (Ouest d'Ambositra) etc.

Les gisements de béryl de la région d'Ankazobe sont riches en beaux cristaux de monazite appartenant au type II (Miakanjovato, Vazozo, Morarano, Befanamo, Antsatrana, Ankazotsifantatra); dans ce dernier gisement, les cristaux pèsent jusqu'à 600 grammes.

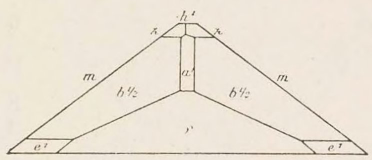


FIG. 243. — Projection des figures 241 et 242 sur un plan perpendiculaire à c.

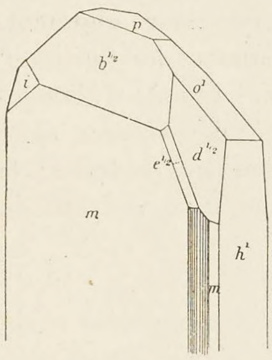


FIG. 244. — Monazite. Région du mont Vohambohitra.

Dans la région du mont Vohambohitra, certains cristaux présentent un aspect tout différent; j'ai décrit [88] un cristal à faces très éclatantes qui offre la particularité de ne posséder que deux faces m (fig. 241 et 242 et Pl. 13, fig. 6), ce qui lui donne une section triangulaire et un aspect hémimorphe par rapport à a; ce cristal présente la pyramide χ bien développée. La figure 244 reproduit, d'après M. Ungemach [106], un cristal analogue provenant probablement de la même région [$i = a_2$ (211)].

Pegmatites syénitiques. — J'ai étudié un beau cristal translucide de monazite, d'un brun rouge, parmi les minéraux recueillis par M. Perrier de la Bathie dans les éluvions de la pegmatite syénitique à bastnaésite et tscheffkinite d'Ambahy; son aspect est tout à fait insolite (type III). Un peu allongé suivant b (1 centimètre dans cette direction), il présente dans la zone de symétrie p (001), o^1 (101), a^1 ($\bar{1}01$); il est terminé par g^1 (010), avec de petites facettes e^2 (012), e^1 (011), $e^{1/2}$ (021) et $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$). Ce cristal offre (fig. 245) l'allongement de la turnérite du Binnenthal et de certains cristaux d'épidote; sa densité est de 5,04.

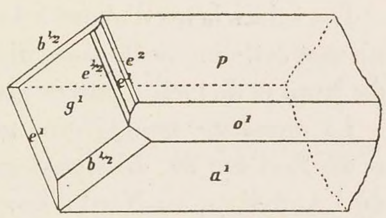


FIG. 245. — Monazite d'Ambahy (Type III).

Contacts du granite.

J'ai rencontré la monazite à Ambatoarina, dans un mode de gisement nouveau [146], dans les calcaires à imerinite métamorphisés par le granite. Dans ces roches, les cristaux de monazite sont toujours microscopiques, mais dans des veines pegmatiques à calcite, célestite, ambatoarinite, quartz, microcline,

albite, etc., ils atteignent un millimètre et forment aussi des agglomérations de petits grains. Des terres éluvionnaires, recueillies dans les cavités de ce calcaire, ont permis d'extraire quelques grammes de ces cristaux. Ils sont d'un beau jaune d'or et transparents ; ils constituent un type cristallographique aussi exceptionnel que leur gisement. Allongés suivant l'axe b, ils présentent les formes o^1 (101) et a^1 $(\bar{1}01)$ dominantes dans la zone d'allongement, avec e^1 (011), $b^{1/2}$ $(\bar{1}11)$ très développées, alors que les formes h^1 (100), m (110), g^1 (010) et a_3 $(\bar{2}11)$ sont très réduites ; la figure 246 représente un de ces cristaux qui constitue une variante du type III.

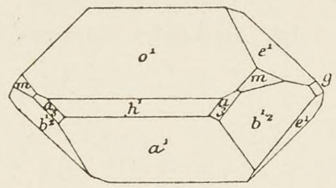


Fig. 246. — Monazite d'Ambatoarina (Type III).

Alluvions.

C'est dans les alluvions de la Saka, affluent du Mananjary que j'ai signalé, pour la première fois [41], d'après des documents fournis par M. Garivier la monazite en petits grains, atteignant rarement un millimètre de diamètre. Ils sont d'un beau jaune citron, toujours très roulés et accompagnés de zircon de mêmes dimensions. Il est vraisemblable que c'est dans le gneiss qu'il faudra chercher leur gisement originel.

Les sables lavés d'abord à la batée, puis ensuite soumis à un électrotriage, fournissent cette monazite sous une forme semblable à celle du Brésil, de la Caroline du Nord et de bien d'autres gisements actuellement exploités.

La monazite semble être très abondante dans les alluvions aurifères de l'Est et du Sud de l'île. Je signalerai en particulier, comme exemples, les contreforts de l'Amboana, au Nord d'Ihosy : les placers de Kiravoravo, déjà cités à l'occasion du xénotime, de Fandrangato (vallée de la Mananara, avec beaucoup de grenat), ainsi que ceux de la Volotara, dans le bassin de l'Ivoloina, etc.

J'ai trouvé aussi de petits cristaux de monazite et de zircon dans des fonds de batée de la rivière Andranomavo, près Bejofo (district de Maromandia) ; ils résultent sans doute de la destruction de granites et de syénites alcalins.

Je donne ci-contre en a) l'analyse, faite par M. Pisani, de la monazite d'un gisement situé à l'Est de Miandrarivo ; ce minéral m'a été donné avant la découverte des pegmatites d'Ambatofotsikely dont il provient peut-être.

b) de la monazite de ce dernier gisement par MM. Duparc, Wunder et Sabot.

c) de celle d'Ambatoarina, par M. Pisani.

	a	b	c
P^2O^5	27,45	25,90	30,18
ThO^2	9,15	11,23	1,05
SiO^2.	»	2,87	»
ZrO^2	»	0,11	»
Ta^2O^5	»	0,24	»
Ce^2O^3	31,85	26,95	39,51
$(La, Di)^2O^3$	27,90	32,60	27,80
$(Y, Er)^2O^3$.	2,93	0,30	»
Al^2O^3	0,21	0,15	»
Fe^2O^3	0,42	0,60	0,92
CaO.	»	»	0,46
P.f.	0,74	0,56	0,47
	100,65	101,51	100,37
Densité	5,11	5,2735	5,25

On remarquera la pauvreté en thorine de la monazite des calcaires d'Ambatoarina. Je n'ai pas d'analyse complète de celle des alluvions, mais des dosages effectués par M. Arsandaux donnent, pour la monazite de la Saka, une teneur moyenne de 9 à 10 pour 100 de ThO^2 qui est celle d'un bon minerai pour l'extraction de cette terre rare.

Les indices de réfraction de la monazite d'Ambatofotsikely ont été mesurés par M. Sabot [101].

	n_g	n_m	n_p	2V calc.	2E mes.	d'où 2V
Na	1,84308	1,79501	1,79460	10°33′10″	19°26′48″	10°47′40″
Li.	1,84939	1,80081	1,80036	10°59′40″	19°42′48″	10°54′40″
Th	1,85548	1,80603	1,80036	11°35′50″	20°21′24″	11°13′50″

La radioactivité rapportée à celle de l'oxyde noir d'uranium a été mesurée dans mon laboratoire sur la monazite des gisements suivants :

Ampangabe	0,46
Ambatofotsikely	0,22
3 km. Ouest Betafo	0,17
N. Ambalamafana	0,14
Madiomby	0,095
Ambatoarina	0,027

PUCHÉRITE

VO^4Bi.

Propriétés cristallographiques. Orthorombique. $a : b : c = 0,5327 : 1 : 2,3357$; $mm = 123°55'$ Clivage parfait suivant p (001).

Dureté. 4. *Densité.* 6,25.

Propriétés optiques. Brun rouge. Éclat vitreux à adamantin. Poussière jaune. Transparente en lames très minces.

Propriétés chimiques. La composition théorique correspond à V^2O^5 28,2, Bi^2O^3 71,8.

Soluble dans l'acide azotique, la solution donne les réactions du bismuth ; évaporée à sec sur une lame de verre, elle prend une coloration brun rouge d'oxyde de vanadium.

Diagnostic. Facile à reconnaître à cause de sa couleur, de son éclat et de son association constante à d'autres minéraux bismuthifères.

GISEMENTS

J'ai rencontré [53] des cristaux excessivement petits et des enduits brun rouge de puchérite dans les fentes et à la surface de la bismuthosphérite de Samiresy et d'Ampangabe. Ils ont été très certainement formés postérieurement à ce carbonate et à ses dépens.

GROUPE DE L'APATITE

APATITE

$(PO^4)^3Ca^4[Ca\ (Cl,\ F,\ OH)]$.

Propriétés cristallographiques. Hexagonale, parahémiédrique. $c = 0{,}73271$ [1] ; $b^1\ b^1\ s \cdot p = 99°32'$. Clivage p (0001) imparfait, traces suivant m $(10\bar{1}0)$. Cassure conchoïdale ou inégale.

Dureté. 5. Fragile. *Densité.* 3,17 à 3,23. Les types chlorés sont plus légers que les fluorés.

Propriétés optiques. Incolore, blanche, verte, bleue, jaune, grise, noire. Éclat vitreux un peu résineux.

Uniaxe et optiquement négative. La valeur des indices varie suivant la composition $n_g = 1{,}6691$; $n_p = 1{,}6653$ (*apatite chlorée*) ; $n_g = 1{,}6359$, $n_p = 1{,}6334$ (*apatite fluorée*). Les variétés colorées sont parfois très polychroïques.

Propriétés chimiques. La composition la plus habituelle $(PO^4)^3Ca^4(CaF)$ ou $3Ca^3(PO^4)^2CaF^2$ correspond à *a*) et $(PO^4)^2Ca(CaCl)$ à *b*). Une petite quantité de fluor ou de chlore est parfois remplacée par de l'hydroxyle ; (CaF) peut être en partie remplacé par CaO, ou par $CaCO^3$; il existe des apatites, à la fois fluorées et chlorées ; une petite quantité de calcium peut être remplacée par du manganèse, etc.

	a	*b*
P^2O^5	42,3	41,0
F	3,8	»
Cl	»	6,8
CaO	55,5	53,8
	101,6	101,6

1. Apatite fluorée ; *c* est un peu plus petit dans l'apatite chlorée.



1



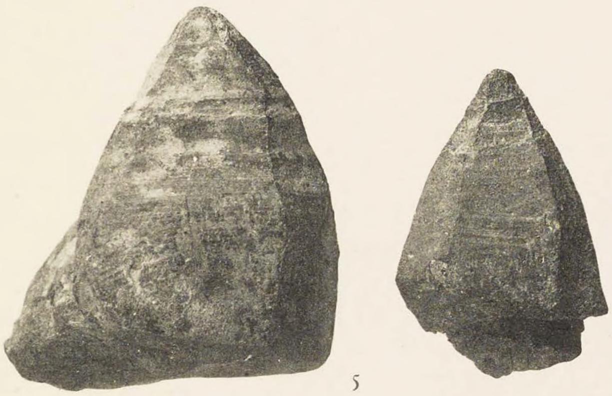
2



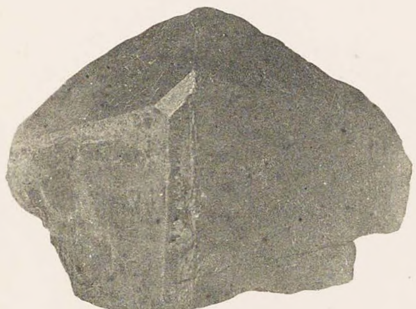
3



4



5



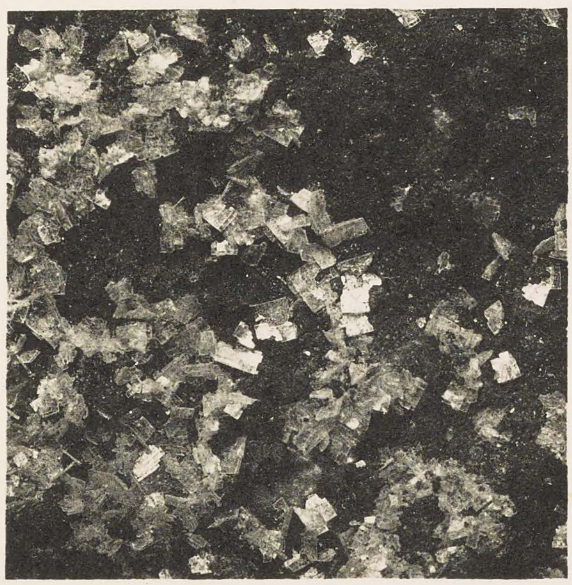
6



7



8



9

Clichés Cintract et Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Monazite ; Ampangabe (fig. 1, 2, 4, 5) ; Mont Vohambohitra (fig. 6) ; Macle suivant h^1, Ambatofotsikely (fig. 3 et 7). — *Vivianite ;* Kelilalina (fig. 8). — *Autunite ;* Fitatahana (fig. 9).

A. Challamel, éditeur

Difficilement fusible au chalumeau. Soluble dans l'acide azotique; la solution précipite en jaune par le molybdate d'ammoniaque.

Diagnostic. L'apatite se trouve toujours en cristaux; sa forme est la même que celle du béryl, mais la faible dureté (rayée par l'acier) permet sa distinction immédiate avec ce minéral.

GISEMENTS

L'apatite est excessivement répandue dans toutes les roches et notamment dans les roches éruptives ; elle s'y trouve d'ordinaire à l'état microscopique. Elle est surtout abondante dans les roches basiques et, à ce point de vue, on peut citer particulièrement les roches éruptives amphiboliques de la région d'Ampasindava. Ce n'est que dans les pegmatites et les calcaires cristallins que j'ai à l'étudier en cristaux macroscopiques.

Roches éruptives.

Pegmatites. — Dans les pegmatites sodo-lithiques de la Sahatany et de la Manandona, l'apatite est surtout abondante dans les parties riches en tourmaline et en spessartite; elle y constitue des cristaux hexagonaux basés, blancs (Tsilaizina), verdâtres (Maharitra), pouvant atteindre plusieurs centimètres.

A Manjaka, à Vohidahy, à Antsongombato et à Ambondromany, l'apatite possède une couleur insolite, un magnifique bleu de Prusse, grâce à l'existence d'une petite quantité d'oxyde de manganèse (0,6 pour 100 environ). Les cristaux (*p m*) atteignent 1 centimètre ; ils sont particulièrement abondants à Manjaka, où ils sont accompagnés d'une tourmaline d'un brun verdâtre, alors qu'à Antsongombato, ils sont distribués plus régulièrement dans de l'albite grenue et associés à la rubellite et au triphane [51].

L'apatite n'est pas moins abondante dans les pegmatites potassiques. A Sahanivotry, de très gros cristaux d'apatite jaune clair et transparents, que l'on a cherché à faire passer pour du béryl, ont une densité de 3,19. M. Rasamoel m'a communiqué un cristal basé ($2^{cm},5 \times 3$ cm.) d'apatite jaune, provenant de la même région ; il est transparent dans sa partie centrale et plus ou moins opaque sur la base et les faces prismatiques ; il est un peu fibreux et soyeux dans la direction de l'axe vertical, c'est une apatite fluorée [$n_g = 1,6388$, $n_p = 1,6354$ (Na)]. M. Krafft m'a communiqué des fragments égrisés parfaitement limpides d'apatite d'un vert clair très polychroïque (vert clair perpendiculairement à l'axe vertical, jaune vert suivant celui-ci) trouvés avec béryl dans la région de Bevony.

Dans la pegmatite à tourmaline d'Andrahomana (Extrême-Sud), les cristaux

jaunâtres ($pm\ b^1$) atteignent $0^{cm},5$. On pourrait citer beaucoup d'autres gisements analogues.

Enfin, il me reste à signaler un gisement particulièrement intéressant, celui d'Itrongay. Des cristaux isolés d'apatite (fig. 247), atteignant 2 centimètres de longueur, avec une largeur de 1 à 3 centimètres accompagnent, à la surface du sol, le diopside, l'orthose jaune, etc. : ils proviennent de la même pegmatite que ceux-ci [64]. Cette apatite (densité 3,18), d'un beau vert émeraude est parfois transparente. Elle constituerait une fort belle gemme, si elle était dure. Son polychroïsme est très intense sur une épaisseur de quelques millimètres ; la couleur suivant l'axe vertical est le vert, un peu jaune, et, dans la direction perpendiculaire, le vert émeraude ; les teintes étudiées avec un nicol sont : $n_g =$ jaune vert clair ; $n_p =$ vert bleu de mer ; $n_p > n_g$. Les indices de réfraction sont ceux d'une apatite fluorée : $n_p = 1{,}6386$, $n_g = 1{,}6343$ (Na).

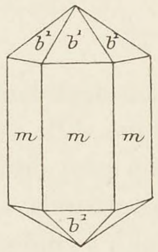


Fig. 247. — Apatite. Forme commune.

Pegmatites syénitiques. — La pegmatite à bastnaésite, etc., d'Ambahy renferme des agrégats de gros octaèdres de magnétite (perthite octaédrique de magnétite et de crichtonite) et de lames de biotite, cimentés par une apatite grenue, d'un blanc jaunâtre, dans laquelle l'examen spectral révèle l'existence anormale du strontium

Schistes cristallins.

Calcaires cristallins et pyroxénites. — Les calcaires cristallins renferment fréquemment de petits grains ou de petits cristaux ($m\ b^1$) verts ou bleus d'apatite (Volonandrongo, etc.) ; dans les environs de Janjina, ils sont transparents et d'un beau bleu saphir ; ils atteignent 1 centimètre et sont parfois associés à beaucoup de phlogopite blanche.

A Belio (Androy), des cristaux ($p\ m$) d'apatite, d'un vert de mer, ne mesurent pas moins de $4^{cm},5$ de diamètre et j'ai vu des fragments de cristaux beaucoup plus gros. C'est probablement de calcaires aussi que proviennent de petits fragments anguleux transparents d'apatite vert d'herbe vif qui m'ont été envoyés de Tsilamaha.

Les pyroxénites de Volonandrongo ont fourni un fragment de prisme hexagonal d'apatite verdâtre mesurant 9×7 centimètres. C'est sans doute d'un gisement analogue que provient un débris de cristal, dépourvu de formes géométriques, d'un vert émeraude foncé, à éclat gras très vif, rappelant celui de l'apatite du Canada, qui m'a été remis comme provenant d'Ambalavaokely ; il accompagne d'énormes cristaux de sphène brun.

PYROMORPHITE

$(PO^4)^3Pb^4(PbCl)$.

Propriétés cristallographiques. Hexagonale, parahémiédrique. Isomorphe avec l'apatite. $c = 0{,}7362$. Traces de clivages suivant b^1 $(10\bar{1}1)$ et suivant m $(10\bar{1}0)$.

Dureté. 3,5 à 4. *Densité,* 7,5 à 7,1.

Propriétés optiques. Rarement incolore, généralement jaune, brune, verte de diverses nuances. Poussière blanche ou jaunâtre. Transparente ou translucide. Éclat résineux.

Uniaxe et optiquement négative. $n_g = 2{,}0614$; $n_p = 2{,}0494$.

Propriétés chimiques. La composition théorique est P^2O^5 15,7; PbO 82,2; Cl 2,6; une partie du phosphore peut être remplacée par de l'arsenic (*campylite*).

Dans le tube fermé, donne un sublimé de $PbCl^2$. Au chalumeau sur le charbon, fusible en un globule cristallin, avec enduit blanc de $PbCl^2$ et jaune de PbO ; colore la flamme en vert bleuâtre.

Soluble dans l'acide azotique étendu.

Diagnostic. La forme et les réactions pyrognostiques sont caractéristiques; se distingue de la mimétite en ce que celle-ci donne sur le charbon une odeur d'ail et un globule de plomb.

GISEMENTS

Gisements métallifères.

Filons plombifères. — La pyromorphite est un produit d'altération de la galène ; elle se trouve par conséquent aux affleurements des gisements de celle-ci. Je l'ai observée dans les localités suivantes :

La pyromorphite, en petits cristaux d'un jaune verdâtre (p m, avec ou sans b^1), n'est pas rare dans les filons aurifères de la région d'Andavakoera ; je l'ai vue implantée sur la galène à Bereziky ; à Ranomafana elle tapisse dans le quartz des cavités laissées par la disparition du sulfure de plomb. A Bereziky se trouvent aussi, couchés sur le quartz, de longs cristaux bruns de pyromorphite. A Ankitokazo, ses cristaux d'un jaune verdâtre, ou ses croûtes mamelonnées se trouvent surtout sur la barytine (M. Sirdey). C'est sous la même forme que je l'ai recueillie dans les gisements plombifères d'Ampiadiambato, près d'Ambatofangehana.

Roches éruptives.

Pegmatites. — Plus singulière est l'existence de petits agrégats de prismes jaunes de pyromorphite dans la terre rouge résultant de la décomposition de la

pegmatite de Samiresy ; elle y accompagne la samirésite qui renferme une quantité notable de plomb ; elle me paraît indiquer l'existence de la galène comme élément pneumatolytique de la pegmatite.

Veines quartzeuses aurifères. — Une variété orangée de pyromorphite incruste la galène et recouvre les grains d'or natif des veines quartzeuses d'Amparindravato près le lac Pilina.

Le quartz de cette localité est broyé et lavé pour l'extraction du métal précieux ; la pyromorphite se concentre dans les fonds de batée avec l'or et un peu de cérusite ; la séparation est très difficile par les seuls procédés mécaniques.

Dans le filon quartzeux d'Ampahatra, situé dans la même région, il existe de la galène, décomposée aux affleurements ; elle est parfois transformée en pyromorphite dont les cristaux brunâtres sont remarquables par le grand développement de la pyramide b^1 (fig. 247, page 354), accompagnée d'une toute petite base.

LAZULITE (KLAPROTHINE)

$(PO^4)^2Al^2[OH]^2(Mg, Fe)$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0{,}97496 : 1 : 1{,}6483$. $zx = 89°14'$; $mm = 91°28'$. Macle suivant h^1 (100), avec souvent accolement suivant un plan normal à l'axe vertical. Clivages indistincts suivant m (110).

Dureté. 5 à 6. *Densité.* 3,06.

Propriétés optiques. Bleu d'azur à bleu de Prusse. Poussière blanche. Éclat vitreux, transparente en lames minces. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë négative, faisant avec p un angle de 9°45' ; $n_g = 1{,}639$, $n_m = 1{,}632$, $n_p = 1{,}603$, $2V = 69°$. Polychroïsme extrêmement intense ($n_g = n_m$ bleu azur, $n_p =$ incolore).

Propriétés chimiques. La composition théorique est P^2O^5 45,4 ; Al^2O^3 32,6 ; MgO 8,5 ; FeO 7,7 ; H^2O 5,8.

Au chalumeau, blanchit et se brise sans fondre. Colore la flamme en vert bleuâtre ; l'essai, imbibé d'azotate de cobalt et chauffé, donne la coloration bleue de l'alumine. Inattaquable par les acides.

Diagnostic. La dureté, la couleur, le polychroïsme intense et les propriétés pyrognostiques ne permettent de confondre la lazulite avec aucun minéral bleu (outremer en particulier).

GISEMENTS

J'ai signalé autrefois [34] l'existence dans le centre de Madagascar de gros fragments de lazulite d'un bleu foncé, à éclat vitreux, rappelant par leur homogénéité et leurs dimensions ceux des sables diamantifères du Brésil. Depuis lors,

il m'a été possible de préciser leurs gisements en place [54], mais ils sont difficiles à étudier, car on ne les voit qu'en affleurement.

La lazulite se trouve exclusivement dans les quartzites ou les micaschistes métamorphisés par le granite ou encore dans les veines de quartz associées à ces roches ; c'est ce dernier mode de gisement qui fournit les gros blocs homogènes.

Quartzites et micaschistes. — Dans le Massif du mont Bity, sur le flanc oriental de la chaîne et au Nord de Tsilaizina, la lazulite est un élément microscopique des quartzites à gros grain qu'il colore en bleu clair ; elle se trouve exclusivement en inclusions dans les grains de quartz. Par contre, elle constitue des cristaux indépendants d'un bleu plus clair dans un quartzite à dumortiérite rosée et à disthène des environs de Soavina, au Nord d'Ambatofinandrahana.

Les gisements les plus importants se rencontrent au Sud et au Sud-Ouest de Betafo, dans la région de l'Ialamalaza et de Ranomainty et plus au Sud encore. La lazulite forme des grains ou des cristaux $d^{1/2}$ (111), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) de quelques millimètres dans les quartzites.

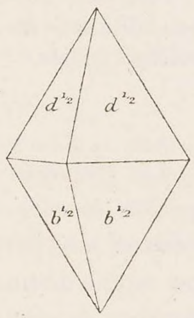


FIG. 248. — Lazulite. Forme commune.

A Andranomilevina, la lazulite est associée au disthène vert dans des micaschistes très quartzeux ; à Ambohimanjaka, à l'Est-Nord-Est de Betafo, de jolies masses bleues pénétrées de disthène constituent une roche très analogue à celle de Hörrsjöberg, en Suède.

Veines quartzeuses. — Les localités fournissant les gros fragments de cristaux de lazulite, qui atteignent parfois la grosseur du poing, sont : les environs de Betafo (bois de tapia au Sud-Est de Ranomainty, etc.), de Soavina, du mont Ambatotelo (Ouest d'Ilaka). Assez rarement ils se trouvent associés à du quartz et à de la muscovite.

II. PHOSPHATES HYDRATÉS

VIVIANITE

$[PO^4]^2Fe + 8H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0{,}74755 : 1 : 0{,}6994$; $zx = 75°42'$; $mm = 108°10'$. Clivages: g^1 (010) parfait, donnant des lames flexibles; traces suivant h^1 (100). Cassure fibreuse dans une zone presque perpendiculaire à l'axe vertical.

Dureté. 1,5 à 2. Sectile. *Densité.* 2,58 à 2,59.

Propriétés optiques. Rarement incolore, plus souvent bleue, verte; devenant plus foncée par exposition à l'air. Transparente. Eclat nacré, un peu métallique sur le clivage g^1.

Optiquement positive, la bissectrice aiguë fait + 61°28′ avec h^1 ; $n_g = 1{,}6267$; $n_m = 1{,}5930$; $n_p = 1{,}5768$. 2V = 73°10′. Polychroïsme intense ($n_g = n_p$ jaune ou incolore ; n_p = bleu indigo).

Propriétés chimiques. La composition théorique est : P^2O^5 28,3 ; FeO 43,0 ; H^2O 28,7.

Au chalumeau, fond facilement en colorant la flamme en bleuâtre et en donnant un globule noir magnétique.

Soluble dans HCl.

Diagnostic. La couleur et la flexibilité des lames de clivage sont caractéristiques des cristaux ; la solubilité dans les acides et les réactions de P^2O^5 rendent facile le diagnostic des variétés pulvérulentes bleues.

GISEMENTS

La vivianite forme dans la tourbe et dans les argiles tourbeuses récentes de petites masses terreuses bleues et des rognons cristallins à structure fibreuse : ceux-ci sont parfois creusés de géodes dans lesquelles pointent des cristaux plus ou moins distincts, transparents ou translucides, d'un bleu jaunâtre. Je n'ai pu trouver de cristaux mesurables, à cause de l'arrondissement des faces : la figure 8 de la planche 13 montre l'aspect de ces agrégats de cristaux (grossissement d'environ 10 diamètres).

Je citerai comme principaux gisements les lits tourbeux à rognons de marcasite, intercalés dans les alluvions à matériaux volcaniques de la Kelilalina, affluent de gauche de la Sahaomby, au Nord d'Antsirabe, et surtout les lignites de l'Ouest du mont Sarobaratra, à l'Est d'Ampitantafika, dans la même région de l'île, mais plus au Nord. Les échantillons de ce dernier gisement, que je dois à M. Lasnier, constituent des boules agglomérées ayant individuellement quelques centimètres de diamètre. Les unes sont régulièrement radiées du centre à la périphérie ; les fibres sont serrées du côté de l'extérieur, lâchement unies vers le centre, où elles se terminent parfois en cristaux lamelleux, transparents, d'un beau bleu, qui pointent dans de petites cavités. Les autres présentent de nombreux centres de cristallisation, elles résultent de l'agrégat de gros sphérolites. Par altération, ces nodules deviennent d'un jaune ocreux à l'extérieur.

Tout autre est l'aspect d'un curieux nodule de vivianite que m'a remis M. Lamberton ; il offre l'apparence d'un bézoard animal ; par le choc, il se débite en écailles minces à surface lisse d'un bleu presque noir ; il a été recueilli, associé à de la vivianite terreuse, dans la tourbe à *Æpyornis* de Morarano, près de Betafo.

EVANSITE

$PO^4Al^3(OH)^6 + 6H^2O$.

Forme. Colloïde. Forme des concrétions à surface botroyde ou mamelonnée, des enduits ou des masses compactes. Les concrétions sont souvent constituées par des écailles concentriques imparfaitement appliquées les unes contre les autres et déterminant un éclat nacré très caractéristique.

Dureté. 3,5 à 4. Fragile. *Densité.* 1,94.

Propriétés optiques. Incolore, blanc de lait, quelquefois jaune. Transparente à translucide. Éclat vitreux ou résineux. Isotrope. $n = 1,485$.

Propriétés chimiques. La composition théorique est P^2O^5 18,4 ; Al^2O^3 39,6 ; H^2O 42,0.

Dans le tube, décrépite, devient blanche et opaque en dégageant de l'eau. Infusible au chalumeau; donne les réactions de l'alumine avec l'azotate de cobalt. Facilement soluble dans l'acide azotique; donne avec le molybdate d'ammoniaque la réaction de l'acide phosphorique.

Diagnostic. Se distingue de l'opale hyalite par sa solubilité dans les acides et les réactions de l'acide phosphorique et de l'alumine.

GISEMENTS

Je dois à M. Michaut un fort bel échantillon d'evansite. Ce minéral forme dans les fentes d'un gneiss à graphite de la région de Vatomandry des mamelons d'un joli blanc nacré; il rappelle l'aspect de certaines hyalites. Sa formation est due à des circulations aqueuses.

AUTUNITE

$(PO^4)^2Ca(UO^2)^2 + 8H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0,9875 : 1 : 1,4259$; $mm = 90°43'$ Clivage micacé suivant p (001) ; traces suivant h^1 (100), g^1 (010) et m (110).

Dureté. 2 à 2,5. *Densité.* 3,05 à 3,19.

Propriétés optiques. Jaune citron à jaune de soufre, avec localement teinte verte fluorescente. Éclat nacré sur le clivage p, presque adamantin sur les autres faces. Poussière jaune.

Optiquement négative, plan des axes parallèle à g^1. Bissectrice aiguë normale à p. 2V varie, mais reste faible (33° env.) : $n_g = 1,577$; $n_m = 1,575$; $n_p = 1,553$. Polychroïsme net, avec maximum suivant n_g et n_m.

Propriétés chimiques. La formule $(PO^4)^2Ca(UO^2)^2 . 8H^2O$ ou P^2O^5 2 $UO^3CaO . 8H^2O$ est P^2O^5 15,5 ; UO^3 62,7 ; CaO 6,1 ; H^2O 15,7. Uue petite partie de CaO est souvent remplacée par BaO ; l'*uranocircite* est un type essentiellement barytique.

Dans le tube, donne de l'eau; fusible au chalumeau en un globule noir; avec le sel de phosphore, donne une perle jaune à chaud, verte à froid (feu réducteur).

Soluble dans l'acide azotique et dans le carbonate d'ammoniaque.

Diagnostic. La couleur, jointe aux réactions de l'uranium et en particulier à une *radioactivité* très nette sont caractéristiques de l'autunite; la densité de l'uranocircite atteint 3,53.

GISEMENTS

L'autunite est un minéral secondaire, formé aux dépens de tous les minéraux uranifères d'origine primaire: tantôt elle s'est produite à leur voisinage immédiat, c'est-à-dire dans la pegmatite elle-même, tantôt à distance ; toutes les autunites malgaches sont barytifères.

Roches éruptives.

Pegmatites. — Des paillettes d'autunite ou parfois seulement des enduits jaunes dont la cristallinité ne peut être distinguée qu'au microscope se trouvent dans un très grand nombre de pegmatites de Madagascar. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on la voit implantée sur le minéral, cubique (*betafite*) ou orthorhombique (*euxénite, samarskite*), aux dépens duquel elle s'est formée. Elle va plutôt se concentrer à quelque distance dans les fentes du feldspath ou du quartz. Je citerai comme exemple : Maharitra, Antandrokomby, Ambolotara, etc. Mais les plus beaux échantillons que j'ai examinés proviennent du mont Kinjabe, dans la région d'Ankafotra, entre Tsiroanomandidy et Ankavandra; l'autunite n'y forme pas des lamelles éparses, mais des croûtes continues d'un magnifique jaune serin, avec quelques cristaux distincts recouverts d'une argile brunâtre ou de feldspath. Je n'ai pas vu le minéral uranifère originel de ce gisement dont je dois les échantillons étudiés à M. G. Grandidier.

M. Rasamoel m'a signalé l'existence de paillettes d'autunite dans la pegmatite injectant les gneiss à 9 kilomètres Sud-Sud-Ouest de Vinaninkarena, près de l'ancien village de Vohimanombo et à environ 800 mètres de Mananjara.

Jusqu'ici, aucun des gisements explorés n'a fourni d'aussi beaux échantillons que celui, de provenance exacte inconnue, contenu dans la collection du Muséum et décrit jadis par Jannettaz [21]; il ressemble tout à fait à ceux de l'Autunois (croûte épaisse de grosses lames enchevêtrées). L'analyse suivante en a été donnée par ce savant : P^2O^5 14,93; UO^3 55,08; CaO 6,51; Fe^2O^3 1,36; H^2O 22,08 = 99,96. Cette composition s'éloigne assez notablement de la composition théorique et l'analyse demanderait à être refaite.

Alluvions tourbeuses.

Il me reste à décrire un gisement tout à fait remarquable et qui, à l'inverse des précédents, semble n'avoir jusqu'ici d'équivalent nulle part ailleurs. Il se trouve [47 et 48] à une dizaine de kilomètres au Sud-Sud-Est d'Antsirabe et à quelques centaines de mètres à l'Est de Vinaninkarena. Le ruisseau de Fitatahana près de son confluent avec la Manandona a creusé son lit dans des alluvions d'une vingtaine de mètres d'épaisseur qui, sur sa rive droite, forme une petite falaise. Elles reposent sur le granite gneissique, traversé par la pegmatite, et sont formées par une succession horizontale de graviers, de sables fins et de couches argileuses, avec intercalation de minces lits tourbeux. Ces sédiments, très quartzeux, renferment de petites ponces rhyolitiques.

L'autunite se rencontre dans une zone argilo-gréseuse blanchâtre de la base, au milieu de laquelle sont intercalés deux lits tourbeux ; l'ensemble minéralisé a environ 1 mètre d'épaisseur. L'autunite, en paillettes, imprègne la roche, mais particulièrement les portions tourbeuses ; il en existe aussi une petite quantité dans la pegmatite et le granite sous-jacents.

Elle se concentre dans de nombreuses fissures de retrait, dans des trous de vers, dans des cavités cylindriques laissées par la disparition de racines et qui constituent autant de géodes.

Quand elle est imbibée par son eau de carrière, cette gangue est un peu plastique ; lorsqu'on la brise, sur chaque surface ainsi obtenue apparaissent avec une couleur jaune, fluorescente en vert, des paillettes pseudo-quadratiques d'autunite (Pl. 13, fig. 9, grossissement de 5 diamètres), ayant une fraîcheur et un éclat inconnus dans les échantillons de collection, mais dès que la roche est sèche, elle tombe en miettes et je n'ai pu rapporter en France qu'une proportion infime des incomparables morceaux que j'avais recueillis sur place.

Il est probable que l'autunite se trouve dans d'autres gisements similaires de la même région, on l'a recueillie, en effet, un peu plus au Sud, à Andranonanahary, mais, là, les alluvions sont disloquées et leur minéralisation est inégale.

Ce type de gisement, sur lequel une exploitation a été tentée sans grand succès, paraît dû à la précipitation par les portions phosphatées des alluvions de la petite quantité de sels solubles d'uranium résultant de la décomposition des titano-niobates uranifères, contenus dans les pegmatites du bassin de réception de la rivière. En me faisant visiter son exploitation, M. Helson m'a indiqué que la radioactivité du sédiment est souvent plus grande que ne le comporterait la teneur en paillettes d'autunite qui ne dépasse jamais 1,5 pour 100. Il est donc probable

que le phosphate uranifère a cristallisé par voie secondaire après avoir été tout d'abord précipité à l'état colloïdal, forme difficilement discernable sous laquelle il existe encore en partie.

Ce mode de gisement permet d'expliquer l'origine de l'urane qui se trouve dans cette variété de lignite de Suède désignée sous le nom de *kolm*.

COLLOPHANITE

J'ai montré[1] que les phosphates sédimentaires, ou *phosphorites*, sont constitués par des carbono-phosphates, parfois fluorés dont la formule générale peut être mise, suivant les cas, sous l'une des deux formes suivantes :

$$x[(PO^4)^2Ca^3] + yCO^3Ca + zH^2O$$

ou

$$x[(PO^4)^6Ca^8(CaF)^2] + yCO^3Ca + zH^2O,$$

avec, dans certains cas, dont l'un est étudié plus loin, CO^3Ca remplacé par CaO.

Le minéral est *colloïde,* mais il est parfois mélangé de produits cristallisés qui se sont pas, comme on l'admet généralement, de l'apatite, mais des phospho-carbonates [*dahllite* et *francolite* (staffélite)], de composition voisine.

GISEMENTS

Sédiments.

La collophanite des gisements malgaches se trouve uniquement sous forme de nodules grisâtres ou de petits grains, ne présentant pas d'intérêt minéralogique. Lorsqu'on les isole avec soin de leur gangue marneuse ou calcaire, on peut constater que leur densité est voisine de 2,7, qu'ils se dissolvent dans l'acide azotique, en faisant effervescence; leur solution donne les réactions de l'acide phosphorique et de la chaux.

Le gisement principal se trouve dans le Crétacé inférieur (probablement Néocomien), au milieu des marnes à *Bélemnites* dont les affleurements sont continus depuis la Betsiboka jusqu'à la Mahajamba. M. Perrier de la Bathie

1. *C. Rendus,* t CL, 1910, p. 1388, et *Minér. France et Colonies,* t. IV, 1910, p. 556.

y a reconnu en particulier trois points spécialement riches : Ambato (Boina) (gros nodules cloisonnés avec calcite fibreuse stérile et petits nodules gris tenant de 36 à 50 pour 100 de phosphate de chaux); puis, dans la région d'Anjiajia, à 3 kilomètres à l'Ouest d'Ankilabila, et à Maevarano, au Nord d'Ambato ; dans ce dernier gisement, il existe, au sommet de la formation, de gros nodules cloisonnés, blancs à la surface, tachetés de bleuâtre au centre, et d'autres, plus petits, disséminés dans toute la masse ; la teneur en phosphate est à peu près la même (environ 25 pour 100 dans les deux variétés). Ces nodules ne sont pas très abondants, mais l'érosion les a concentrés à la surface du sol.

M. Perrier de la Bathie a prospecté, au point de vue des phosphates, les grès albiens de l'Ouest (Ankomaka, sur le Manambo, Behena, entre Belalandy et Andranomavo (Boina); Zony sur la Mahavavy, près de Sitampiky; les fossiles n'y contiennent pas plus de 2 à 3 pour 100 de phosphate de chaux.

Une autre région, comparable à la précédente, est à signaler au Sud de Soalala (Bekotrobaka) et entre Sitampiky et la Hopy (Ambarimaninga) (nodules tenant 21 pour 100 de phosphate de chaux).

Dans le Turonien de Marovoay, des nodules noirs, irréguliers, renfermant environ 12 pour 100 de phosphate, se trouvent au voisinage des ossements de gros Dinosauriens qui n'en renferment que 4 à 6 pour 100.

Enfin, dans le conglomérat ferrugineux sénonien de la Montagne des Français, M. Fliche a décrit [188 *bis*] un échantillon de bois fossile (*Araucarioxylon madagascariense*) contenant 24,95 pour 100 d'anhydride phosphorique. Ce n'était malheureusement qu'un échantillon exceptionnel, car ceux qui ont été prélevés par M. Lemoine dans la même couche [199] n'en renferment que 2 à 6 pour 100.

Iles coralliennnes.

La petite île Juan de Nova, située à 80 milles de la côte occidentale de Madagascar, à peu près sur le parallèle de Beravina, renferme des gisements phosphatés formés par l'action des phosphates solubles de guano, aujourd'hui plus ou moins complètement disparu, sur un récif corallien en partie émergé. A l'aide d'échantillons que je dois à M. Herscher, j'ai montré [87] qu'il s'agit là d'une collophanite brunâtre poreuse, de composition spéciale, ayant en général conservé la texture de la roche calcaire originelle. Cette transformation sera étudiée plus en détail dans le Tome II, au chapitre consacré aux *Phosphates* ; je me contenterai de donner ici son analyse qui a été effectuée dans mon laboratoire par M. Orcel [96].

a) collophanite concrétionnée, *b*) matière pulvérulente, brun tabac, recouvrant *a*. La densité moyenne est de 2,40.

	a	*b*
P^2O^5	35,56	35,19
CaO.	48,63 }	46,85
SrO.	0,17 }	
MgO	1,75	n. d.
Al^2O^3.	0,15	0,38
SO^3.	0,56	0,58
Cl.	0,29	0,14
CO^2.	0,14 }	
Mat. organ.	1,27 }	10,08
H^2O +.	7,97 }	
—	4,00	5,32
Insol.	0,05	0,03
	100,54	98,57

Il s'agit là d'une composition assez singulière; il existe en effet 8,45 pour 100 de chaux qui n'est saturée ni par l'acide phosphorique ni par l'acide carbonique. Il est vraisemblable qu'elle existe à l'état de solution solide dans le phosphate tribasique hydraté. Si cette explication est exacte, on pourrait peut-être admettre que ce minéral est à la colophanite normale ce que la wölkérite [3 $(PO^4)^2Ca^3$. CaO] est à l'apatite.

Je viens de reçevoir de M. Perrier de la Bathie une collection d'échantillons similaires, recueillis par lui dans les mêmes conditions à Nosy Lava et à Nosy Andrano (Iles Barren[1]). Les grains de calcaire n'y sont pas toujours entièrement transformés. Dans des échantillons provenant de l'île Europa, la croûte phosphatée est encore plus mince. Par contre, des échantillons d'un brun rougeâtre, provenant de Nosy Andrano, ont presque entièrement perdu leur porosité: ils sont translucides sur les bords. La forme des grains de calcaire épigénisés par le phosphate est encore distincte, mais ces grains sont solidement réunis par un phosphate concrétionné fibreux qui, sur le bord des cavités, possède des propriétés optiques très nettes (allongement positif); il s'agit là d'une véritable collophanite carbonatée dont M. Orcel a fait l'analyse suivante: P^2O^5 35,66; CO^2 2,45; [CaO] 49,64; H^2O + 6,44 et H^2O — 3,49; insol. 2,32 = 10 000.

1. Il est vraisemblable que les phosphates des îles Glorieuses et de l'îlot Chesterfield sont de même nature, mais je n'ai pu en étudier aucun échantillon.

XII

NIOBATES ET TANTALATES[1]

COLUMBITE (NIOBITE). TANTALITE

Nb^2FeO^6 Ta^2FeO^6.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a:b:c = 0{,}40093:1:0{,}35867$; $mm = 136°8'$. Macles suivant $a^{1/2}$ (201) et suivant $a^{3/2}$ (203).

Clivages : assez net suivant g^1 (010) ; très difficile suivant h^1 (100). Cassure conchoïdale à inégale.

Dureté. 6.

Densité. Variable depuis 5,3 (columbite pure), jusqu'à 7,4 (tantalite pure). Le minéral renfermant égalité des deux acides possède une densité de 6,38.

Propriétés optiques. Noir de fer à noir gris ou noir rougeâtre, opaque, brun rouge (type manganésifère). Éclat submétallique, un peu résineux dans la cassure. Translucide en lames extrêmement minces et alors d'un brun rouge. Très biréfringentes et très polychroïques.

Propriétés chimiques. La composition théorique de la columbite, est donnée en *a*), celle de la tantalite en *b*), le fer est toujours en partie remplacé par du manganèse ; il existe des *manganocolumbites* et des *manganotantalites*, surtout ou exclusivement manganésifères. J'emploie le nom de columbite ou celui de tantalite suivant l'acide qui prédomine.

	Nb^2O^5	Ta^2O^5	FeO
a.	82,7	»	17,3
b.	»	86,1	13,9.

Infusibles au chalumeau.

Attaquées par l'acide fluorhydrique. L'acide sulfurique décompose à chaud la columbite, alors qu'il attaque à peine la tantalite.

Diagnostic. Ces minéraux se distinguent facilement du wolfram dont le clivage g^1 (010) est très facile et éclatant et qui s'attaque dans l'eau régale avec résidu jaune de WoO^3. Ces minéraux n'ont pas l'éclat gras et la cassure conchoïdale des autres niobotantalates.

1. Il est à remarquer que les minéraux de cette famille se trouvent exclusivement dans les pegmatites granitiques.

GISEMENTS

Pegmatites potassiques. — La columbite, plus ou moins tantalifère, est un des minéraux caractéristiques des pegmatites potassiques à béryl. J'ai signalé pour la première fois, en 1910 [26], son existence à Madagascar, d'après un cristal qui m'avait été donné comme provenant de Miandrarivo; au cours de mon voyage, j'ai constaté que le gisement exact de ce minéral se trouve dans les pegmatites d'Ampangabe, où il accompagne l'ampangabéite, l'ilmenorutile, etc. [58]. J'ai décrit un gisement analogue, à Ambatofotsikely, avec ampangabéite et monazite, orthite, muscovite, etc. Depuis lors, MM. Duparc, Wunder et Sabot [15] M. Sabot [101] et enfin M. Ungemach [106] ont étudié aussi la columbite de ce dernier gisement.

Les cristaux de columbite[1] présentent toujours g^1 très développé, avec m, $a^{1/2}$, $b^{1/2}$, parfois e_3, a_3 et presque toujours h^1 et g^2 (130). La présence (fig. 250 à 253 et 256) ou l'absence (fig. 249 et 257) de p détermine l'une des caractéristiques du facies (comparer entre elles les figures 249 et 250, puis 256 et 257).

En outre de ces formes communes, M. Ungemach a signalé à Ambatofotsikely e^1 (011), $e^{2/3}$ (032), $e^{1/2}$ (021), $b^{1/4}$ (221), $o = (b^{1/2} b^{1/4} g^1)$ (131), $g^{3/2}$ (150), $g^{4/3}$, (170) (fig. 250). M. Sabot y a ajouté e^2 (012), $s = (b^{1/2} b^{1/10} h^1)$ (641) et $e_{1/3}$ $(b^{1/3} b^1 g^{1/3})$ (123), $e_{5/3} = (b^{1/5} b^{1/3} g^{1/3})$ (143), $e_{3/5}$ $(b^{1/5} b^{1/3} g^{1/5})$ (145) (fig. 252). MM. Duparc, Wunder et Sabot ont en outre signalé la pyramide $(b^1 b^{1/7} g^{1/4})$ (344) qui est incomplète (fig. 255).

Les cristaux d'Ambatofotsikely sont souvent de grande taille; j'en ai observé un pesant 1^{kg},4. Leur surface est parfois creusée de profondes cupules (Pl. 14, fig. 3).

Il faut distinguer deux types dans les cristaux des gisements qui nous occupent. Dans l'un (type I), les cristaux sont presque également développés suivant a et b et un peu allongés suivant c; c'est le type dominant à Ambatofotsikely; il est moins fréquent à Ampangabe (fig. 250). Très exceptionnellement, à Ambatofotsikely, le développement suivant c est le même que pour les deux autres axes et les cristaux ont une apparence cubique (fig. 254).

1. J'ai adopté ici la forme choisie par M. Brögger pour mettre en évidence l'analogie de forme de ces minéraux avec l'euxénite et la samarskite; elle diffère de celle que j'ai employée, avec Des Cloizeaux, dans ma *Minéralogie de la France*, en ce que les axes a et b ont été permutés (h^1 en g^1 et réciproquement), la longueur de l'axe a n'est en outre pas la même.

Position adoptée ici :		ancienne position		
	h^1(100)	—	—	g^1(010)
	g^1(010)	—	—	h^1(100)
	$a^{1/2}$(201)	—	—	$e^{1/2}$(021)
	m(110)	—	—	g^2(130)
	g^2(130)	—	—	m(110)
	$b^{1/2}$(111)	—	—	u(133)
	e_3(211)	—	—	n(163)

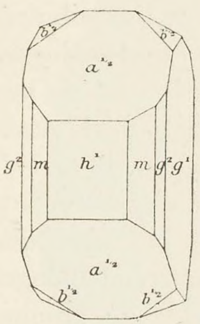


Fig. 249.

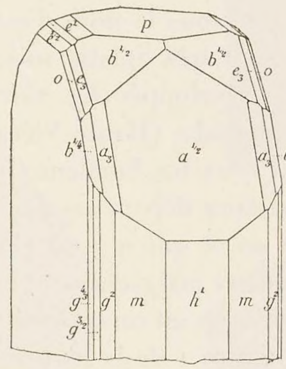


Fig. 250.

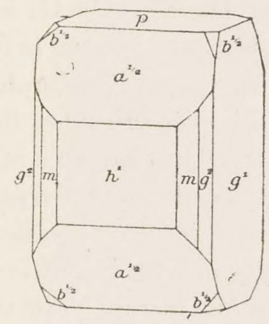


Fig. 251.

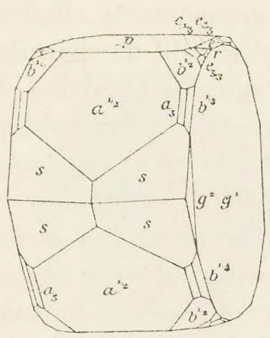


Fig. 252.

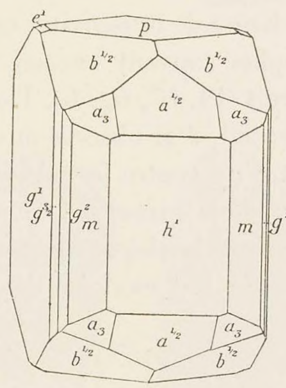


Fig. 253.

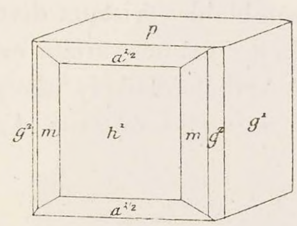


Fig. 254.

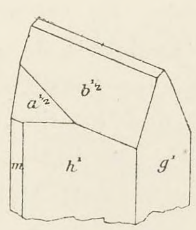


Fig. 255.

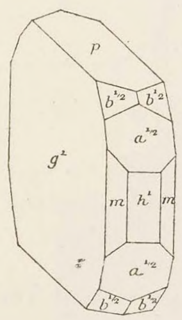


Fig. 256.

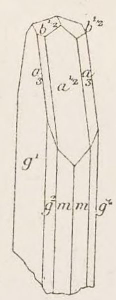


Fig. 257.

Fig. 249 à 257. — Columbite.

Type I : Ampangabe (fig. 249 et 251). Ambatofotsikely (fig. 249 à 255).
Type II : Ampangabe (fig. 256 et 257).

L'aspect normal du type I rappelle les cristaux d'Aslaktaket près Ånneröde (Norvège), décrits par M. Brögger[1] sous le nom d'*ånnerödite*.

Dans le type II, les cristaux sont très aplatis suivant g^1, peu ou pas allongés suivant c ; quand la face p est très développée (fig. 256), les cristaux sont analogues à ceux de la columbite de Chanteloube (Haute-Vienne) ; lorsqu'ils sont un peu allongés suivant c, ils rappellent ceux du Smålene (Råde et Rygge) (p très développé), d'Elvestad et Lorebö (cristaux dépourvus de p), décrits par M. Brögger[2], mais ils en diffèrent cependant en ce que $a^{1/2}$ est plus développé aux détriments de $b^{1/2}$; il en résulte que les cristaux malgaches ont leurs sommets plus aigus que les norvégiens. Une variété de ce type est caractérisée par un plus grand allongement suivant l'axe vertical. La figure 1 de la planche 14 représente un groupement de cristaux de ce genre (Ambatofotsikely). A l'inverse des précédents, qui se rencontrent isolés, à Ampangabe, ces cristaux sont parfois englobés poecilitiquement en grand nombre par de larges lames de muscovite, ou bien encore ils sont empilés à axes parallèles suivant h^1 ; plus souvent encore, leurs groupements affectent l'apparence d'un livre entr'ouvert (Pl. 15, fig. 6), l'arête pg^1 servant de charnière aux lames de cette sorte d'éventail. J'ai observé aussi des agrégats bacillaires de semblables cristaux divergeant d'un centre formé par un cristal d'ampangabéite. Cette même variété est quelquefois associée à la monazite. On rencontre aussi à Ambatofotsikely[3] des groupements analogues pesant plusieurs kilogrammes.

Les gros cristaux d'Ampangabe ont englobé des lames de muscovite parfois souvent remplacées par de l'argile ; ils sont comme tailladés de profonds sillons (Pl. 14, fig. 7).

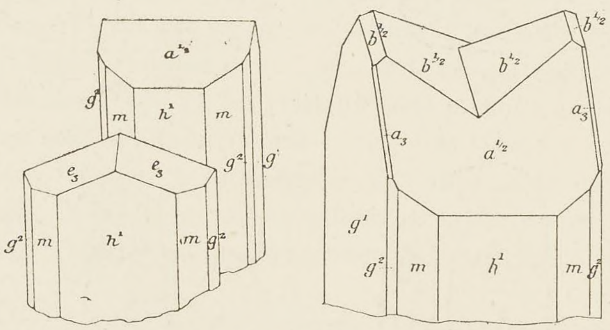


Fig. 258 et 259. — Columbite. Ambatofotsikely. Groupements à axes parallèles.

La columbite d'Ampangabe est parfois enchevêtrée avec des cubes de pyrite (limonitisée).

Il existe de nombreuses diverses modalités de groupements à axes parallèles, plus réguliers que les précédents. MM. Duparc, Wunder et Sabot en ont décrit un exemple, qui provient d'Ambatofotsikely (fig. 258). M. Ungemach

1. Die Mineralien der Südnorwegischen Granit-pegmatitgänge. I. Niobate..... *Kristiania. Videnskabs-Selsk. Skr. Math. Nat. Kl*, 1906, n° 6, pl. I., fig. 2.

2. *Ibid.* pl. II, fig. 1-3 (avec p), fig. 8 et 11 (sans p).

3. Voir page 376 pour les groupements réguliers de columbite et d'ampangabéite et page 390 pour les groupements avec euxénite.



1



2



3



4



5



6



7

Clichés Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Columbite ; Ampangabe (fig. 5) et (groupements avec muscovite) (fig. 7) ; Andilana (fig. 4) ; Ambatofotsikely (fig. 1, 3). — *Euxénite ;* Mont Vohambohitra (macle suivant $a\,^1/_2$) (fig. 6). — *Samarskite ;* Manandrika (fig. 2).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

a figuré un autre groupement de ce genre dans lequel le développement anormal de deux faces $b^{1/2}$ simule une macle (fig. 259).

Enfin, il existe de véritables macles. La figure 260 représente l'une d'elles qui a lieu suivant $a^{1/2}$ (201) ; je l'ai rencontrée à Ampangabe ; elle est formée par deux cristaux réduits aux faces g^1 et $b^{1/2}$; l'un des composants est orienté à axes parallèles sur un cristal simple plus compliqué.

La figure 261 représente, d'après M. Ungemach, un groupement de trois cristaux

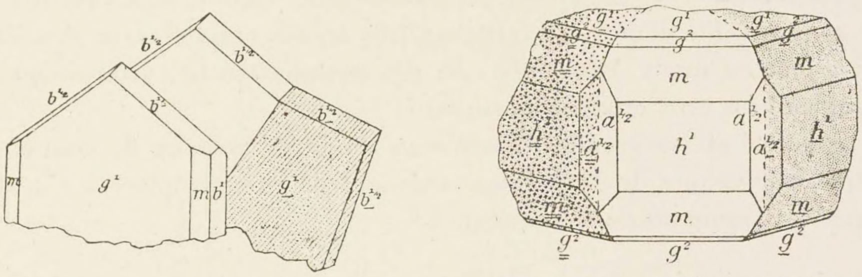


Fig. 260 et 261. — Columbite. Macles, suivant $a^{1/2}$ (fig. 260, Ampangabe), suivant $a^{3/2}$ (fig. 261).

de columbite maclés en roue suivant $a^{3/2}$ (203), simulant un prisme hexagonal ; l'angle $a^{1/2}\,\underline{a}^{1/2}$ est extrêmement obtus. Le gisement exact de ce cristal n'est pas connu.

Si les deux gisements qui viennent d'être décrits sont les plus remarquables de la Colonie, il en est beaucoup d'autres qui doivent être signalés. A Morafeno, au Sud du lac Vinaninony, il existe de gros cristaux du type I avec g^1 et $b^{1/2}$ largement développés et accompagnés de petites facettes e_3.

Je dois à M. Dropsy un volumineux cristal de columbite provenant de la pegmatite d'Amparikaolo, près Ankarongana (Betsiriry).

La columbite a été rencontrée, avec béryl bleu, à Samiresy, à Ingalana (Nord d'Inanatonana) ; je l'ai trouvée en cristaux de petite taille de la forme représentée par la figure 256, intimement associés à la blomstrandite de Tongafeno ; elle est plus tantalifère que celle des gisements précédents ; il en est de même pour celle de Trafonomby, à l'Ouest de Betafo.

Le béryl de Befanamo, dans la région d'Ankazobe, supporte ou englobe parfois des agrégats globuleux de petits cristaux de columbite, hérissés de facettes brillantes h^1 : les cristaux sont curieusement contournés ou groupés en rosettes. De gros cristaux informes du même minéral existent à Miakanjovato, à Berere, etc.

De fort beaux cristaux, à faces éclatantes, sont englobés dans le kaolin blanc de la pegmatite exploitée pour la muscovite à Andilana, sur la rive septentrionale du lac Alaotra, et aussi dans la pegmatite d'Andreba à l'Est du lac. Ils appartiennent à plusieurs types ; des cristaux avec l'aspect de la figure 253, mais avec e^1 et $g^{3/2}$ en

moins, atteignent 5 centimètres : ils sont d'un noir de fer. D'autres, du type II (fig. 256), sont groupés à axes parallèles entre eux et avec de l'ampangabéite. Enfin, des cristaux plus nombreux appartiennent au type de la figure 257, avec un aplatissement encore plus grand parallèlement à g^1 ; leur couleur est d'un noir bleuâtre ; les faces des pyramides et des dômes sont parfois peu distinctes (Pl. 14, fig. 4). Ces cristaux des gisements Sihanaka, dont je dois la connaissance à M. Krafft, peuvent rivaliser avec ceux d'Ampangabe et d'Ambatofotsikely.

Les plus méridionaux des gisements actuellement connus se trouvent à 4 kilomètres au Nord d'Ikalamavony (cristaux très aplatis empilés avec des lames de muscovite) et au mont Ampanobe, où des cristaux aplatis, groupés en gerbes, accompagnent les gros cristaux de zircon.

Par la netteté et les grandes dimensions de leurs cristaux de columbite, les pegmatites potassiques de Madagascar méritent de prendre place à côté des plus remarquables gisements de ce minéral.

Pegmatites sodo-lithiques. — J'ai recueilli dans la pegmatite à rubellite et rhodizite de Manjaka de très petits cristaux d'un brun rouge, translucides, de *manganocolumbite* possédant les propriétés optiques de ceux de Pala (Californie). Je n'ai pu les isoler pour les mesurer ; la figure 1 de la planche 16 représente l'un d'eux, grossi.

Le seul gisement de columbite normale que j'ai à signaler dans les pegmatites de ce type est Anjanabonoina : M. Rossi m'a remis un fragment de gros cristal, qu'il y a recueilli dans les éluvions.

On a vu plus haut que la densité est un caractère permettant d'obtenir une approximation très suffisante des proportions relatives de Nb^2O^5 et de Ta^2O^5 contenues dans le minéral et par suite de la position d'un échantillon donné dans la série columbite-tantalite.

Voici les mesures faites par mon préparateur, M. Orcel, sur les cristaux de plusieurs des gisements indiqués plus haut. Il y a lieu de rappeler que la densité de la columbite pure est de 5,3, celle du minéral renfermant les deux acides en proportion équimoléculaire, 6,38, et celle de la tantalite pure, 7,4.

Gisement	Densité
Ambatofotsikely	5,26 à 5,385
Andilana	5,383
Anjanabonoina	5,497
Ampangabe	5,52 à 5,82
Berere	5,521 à 5,698
Mont Vohambohitra	5,54 à 5,58
Tongafeno	5,67
Miakanjovato	5,81 à 6,0
Trafonomby	6,02
Befanamo	6,31

On voit donc que, dans les gisements malgaches, il n'existe que de la columbite, oscillant entre un type presque pur et un autre voisin de celui qui est caractérisé par l'égalité des deux acides.

En terminant, je donnerai deux analyses complètes, de columbites malgaches ; l'analyse *a*) a été effectuée sur la columbite d'Ampangabe par M. Pisani (*in* A. Lacroix [26]) ; l'analyse *b*) par MM. Duparc, Wunder et Sabot sur celle d'Ambatofotsikely [15]. Dans cette dernière, X = 2,02 de U^3O^8 ; 1,50 de TiO^2 ; 0,40 de SiO^2, ce qui porte à penser que le minéral renfermait des inclusions d'ampangabéite, cause d'une faible radioactivité.

	a	*b*
Nb^2O^5	64,60	63,77
Ta^2O^5	12,60	11,33
SnO^2	0,40	0,45
FeO	15,00	11,38
MnO	7,30	8,79
X	»	3,92
	99,60	99,64
Densité	5,52	5,26

FERGUSONITE

(Nb, Ta) O^4(Y, Er, Ce). $Nb^2O^7Ca^2$.

Propriétés cristallographiques. Quadratique parahémiédrique. $c = 1,4643$. Traces de clivages suivant $b^{1/2}$ (111). Cassure conchoïdale.

Dureté. 5,5 à 6. Fragile.

Densité. 5,8, diminue par hydratation.

Propriétés optiques. Brun noir. Poussière blanc pâle. Translucide sur les bords. Éclat vitreux extrêmement brillant et un peu métallique dans la cassure. Monoréfringente (par suite d'altération).

Propriétés chimiques. Essentiellement un métaniobate d'yttrium, avec cérium, uranium, etc. Radioactive.

Infusible au chalumeau ; mais devient vert jaunâtre.

Inattaquable par l'acide sulfurique.

Diagnostic. Se distingue de l'euxénite par sa forme et par sa couleur et des minéraux du

groupe de la betafite par l'absence du titane, par sa haute teneur en terres yttriques et par sa résistance à l'action de HCl (voir Tome II, Troisième partie, Chapitre IV).

GISEMENTS

Pegmatites potassiques. — Le premier échantillon de fergusonite malgache que j'ai signalé, en 1908 [39] consistait en un fragment brun, dépourvu de toute gangue, pesant une centaine de grammes, qui avait été remis à M. Mouneyres, avec l'indication vague de gisement : entre Tamatave et Beforona.

Depuis lors, j'ai retrouvé [77] ce minéral dans quelques gisements de pegmatites potassiques au Sud du lac Itasy.

A Ranomafana, et au Sud d'Ambatofotsikely, la fergusonite n'est pas rare, en jolis cristaux ; ils sont souvent complets (fig. 262 et 263), mais à faces ternes et superficiellement altérées. Ils sont caractérisés par l'association de l'hémipyramide $^1/_2a_5$ [π(321)] dominante, associée à p (001), $b^1/_2$ (111) et h^5 (320).

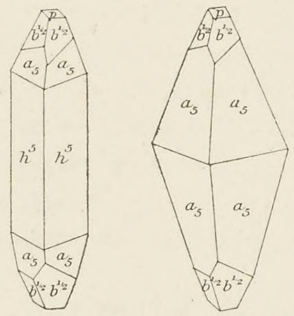


FIG. 262 et 263. — Fergusonite de Ranomafana.

Plus souvent, les cristaux de fergusonite ont la forme de fuseaux aigus de plusieurs centimètres de longueur, parfois groupés, dont la symétrie quaternaire est évidente, mais sans qu'il soit possible de préciser davantage (Pl. 15, fig. 1 ; la figure 2 de la même planche représente un échantillon de quartz renfermant des cristaux de fergusonite brisés perpendiculairement à l'axe quaternaire).

Le même minéral accompagne l'euxénite à Fiadanana, en gros cristaux quelquefois nets, mais plus généralement peu distincts et pouvant peser plusieurs centaines de grammes ; il existe sous la même forme à Befaritra, au Sud-Est du lac Pilina et en beaux cristaux à l'Ouest d'Ambatovohangy (avec betafite et euxénite) ; dans les échantillons de ce gisement, que je dois à M. Moiret, la pyramide $^1/_2a_5$ oscille avec le prisme h^5, pour donner un aspect encore plus fusiforme que celui représenté par la figure 1 de la planche 15.

La forme générale de la fergusonite malgache est celle du même minéral provenant des gisements norvégiens.

Les analyses suivantes ont été faites par M. Pisani : a) sur la fergusonite de Beforona ; b) sur celle de Fiadanana.

	a	*b*
Nb^2O^5	50,10	34,79
Ta^2O^5		17,03
SnO^2	0,20	0,26
TiO^2	»	0,26
ThO^2	2,07	4,85
ZrO^2	»	0,89
UO^2	6,15	2,12
$(Y, Er)^2O^3$	31,20	27,54
$(Ce, La, Di)^2O^3$	6,15	4,06
FeO	0,59	0,72 (Fe^2O^3)
CaO	1,40	2,10
MgO	0,37	»
H^2O	1,94	5,26
	100,17	99,88
Densité	5,58	4,98

Je donne comme comparaison quelques analyses modernes de fergusonite : *c*) de Råde (Norvège), par C.-W. Blomstrand (*in* Brögger, *op. cit.*, p. 35) ; *d*) de Llano C^y (Texas), par Hidden et Mac Intosh (*Amer. J. of Sc.*, t. 38, 1889, p. 48) ; *e*) de Rakwana (Ceylan), par M. Prior (*Min. Mag. London*, t. 10, 1893, p. 234) ; *f*) de Zno (Caucase), par Tschernik (*in* Brögger).

	c	*d*	*e*	*f*
Nb^2O^5	39,30	46,27	44,65	42,71
Ta^2O^5	6,25		4,98	
SnO^2	0,98	»	»	0,12
ThO^2	2,51	3,38	5,11	6,33
UO^2	4,68	»		
UO^3	»	1,54	»	»
$(Y, Er)^2O^3$	35,03	42,33	37,91	36,52
$(Ce, La, Di)^2O^3$	2,97	»	»	4,10
FeO	0,78	0,98 (Fe^2O^3)	0,51 (Fe^2O^3)	1,22
MnO	0,15	»	»	0,52
MgO	0,05	0,04	»	»
GlO	0,40	»	»	»
ZnO	»	0,24	»	»
PbO	»	1,43	»	»
CeO	1,23	0,10	2,02	2,34
H^2O	4,00	2,02	4,58	3,09
F	»	0,91	»	0,32 (p. f.)
	99,77[1]	99,33[2]	99,76	99,02[3]
Densité	4,97	5,67	5,023	5,657

Pour la radioactivité, voir Tome II, Troisième Partie, Chapitre IV.

1. Y compris SiO^2 1,44.
2. Y compris Al^2O^3 0,09.
3. Y compris WO^3 0,69 ; ZrO^2 1,06.

SAMARSKITE — YTTROTANTALITE

$(Nb, Ta)^2O^7(Ca, Fe)$. $(Nb, Ta)^2O^7[(U, Th)O]^2$. $(Nb, Ta)^2O^8(Y, Ce)^2$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0{,}5547 : 1 : 0{,}5173$; $mm = 121°58'$; $a^1\ a^1$ *sur* $p = 94°$. Clivage g^1 (010) à peine distinct ; cassure conchoïdale.

Dureté. 5 à 6. Fragile.

Densité. 5,6, s'abaissant jusqu'au voisinage de 4 (par hydratation).

Propriétés optiques. Noir de velours. Éclat vitreux et résineux. Poussière brun rouge foncé. Transparente seulement en lames extrêmement minces. Devient jaune et plus fragile par altération.

Monoréfringente.

Propriétés chimiques. Essentiellement niobo-tantalates de terres yttriques et fériques, avec uranium, fer, etc. Au chalumeau, fondent sur les bords en un verre noir.

A l'état frais, à peine attaquées par les acides, mais une fois hydratées deviennent très attaquables.

Radioactives.

Diagnostic. Ressemblent à l'euxénite, s'en distinguent parce que le dôme le plus habituel est moins aigu, parce qu'elles sont fusibles et pauvres en titane, non essentiel ; la *samarskite* représente le type dans lequel prédomine le Nb^2O^5 et l'*yttrotantalite* celui dans lequel Ta^2O^5 est l'acide le plus abondant (Cf. Tome II, Troisième Partie, Chapitre IV).

GISEMENTS

Pegmatites potassiques. — Le premier gisement de samarskite que j'ai signalé [47] se trouve dans la pegmatite de Manendrika, à $3^{km},5$ au Sud d'Antanamalaza et à 7 kilomètres au Sud-Est du gisement d'autunite de Vinaninkarena ; elle est accompagnée d'almandin-spessartite, de béryl, d'hématite. Elle forme de petits cristaux de 1 centimètre à $1^{cm},5$ de longueur, d'un noir de poix quand ils sont intacts, mais d'ordinaire jaunes, cette dernière coloration est plus ou moins claire suivant le degré de l'hydratation secondaire.

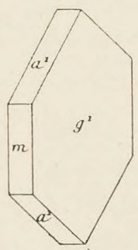


Fig. 264. — Samarskite. Manendrika.

La figure 264 et la figure 2 de la planche 14 représentent la forme habituelle de ces cristaux : c'est la combinaison simple de la samarskite de Norwège.

Je rapproche provisoirement de la samarskite un minéral rencontré, aussi avec samiresite, mais sans formes distinctes, dans la pegmatite à béryl de Fefena. Il faut encore lui rapporter un minéral du Vohambohitra (densité 5,10) et de Miakanjovato (densité 5,05) dans la haute vallée de la Betsiboka, et deux minéraux qui m'ont été communiqués par M. Grossmann comme provenant, l'un d'Ambohidratrimo près Tananarive (densité 5,33) et l'autre du Sud-Ouest de Mananjary (densité 5,10) Leur cassure conchoïdale est d'un noir éclatant.

Les analyses suivantes ont été faites par M. Pisani : *a*) samarskite de Manendrika ; *b*) de Fefena.

	a	*b*
Nb^2O^5	43,60	29,60
Ta^2O^5	11,15	19,20
TiO^2	1,42	0,40
UO^2	8,70	20,20
ThO^2	1,05	2,00
$(Y, Er)^2O^3$	9,50	7,20
$(Ce, La, Di)^2O^3$	4,05	0,40
FeO	5,40	9,80 (Fe^2O^3)
MnO	»	1,00
CaO	2,43	4,40
Al^2O^3	0,80	2,40
H^2O	11,14	3,60
	99,24	100,20
Densité	4,25	5,17

La samarskite de Fefena est remarquable par sa teneur exceptionnellement élevée en urane et sa pauvreté en terres yttriques et cériques.

Pour la radioactivité, voir Tome II, Troisième partie, Chapitre IV.

	c	*d*	*e*	*f*
Nb^2O^5	38,83	46,44	32,02	41,07
Ta^2O^5	10,70	1,81	11,18	14,36
SiO^2	1,82	2,39	0,12	0,56
SnO^2	0,57	0,15	0,79	0,16
TiO^2	»	»	0,68	»
ZrO^2	0,62	0,79	1,03	»
ThO^2	2,51	2,59	1,73	»
UO^2	9,66	10,82	»	10,90 (UO^2 + UO^3)
UO^3	6,78	5,38	11,23	
$(Ce, La, Di)^2O^3$	0,89	1,90	2,18	2,37
$(Y, Er)^2O^3$	9,07	8,33	21,20	16,90
Al^2O^3	0,36	0,45	0,19	»
Fe^2O^3	»	»	2,13	»
FeO	4,40	4,08	11,15	14,61
MnO	0,86	0,79	0,69	»
GlO	0,30	0,64	»	»
MgO	0,13	0,19	0,41	»
CaO	4,30	3,79	0,51	»
BaO	0,38	0,38	»	»
PbO	0,77	0,98	0,15	»
Na^2O	0,76	0,62	0,28	»
K^2O	0,08	0,08	0,21	»
H^2O	6,54	7,61	1,22	»
	100,33	100,21	100,75 [1]	100,93

La variabilité de composition chimique mise en évidence par les deux analyses

1. Y compris GeO^2 0,07 ; WO^3 1,41 ; ZnO 0,17.

a et *b*) n'est pas moindre dans les samarskites provenant de localités diverses qui ont été analysées antérieurement. Je donne, comme document, les analyses suivantes : *c*) Ödegårdssletten et *d*) Aslaktaket (Norvège), par C. W. Blomstrand, *in* Brögger (*op. cit.*, p. 142) ; *e*) Miask (Oural), par K. de Chrustschoff (*Verh. d. k. k. min. Ges. zu St. Petersburg*, Bd. 31, p. 412) ; *f*) Mitchell Cy (N. Carolina), par Rammelsberg (*Zeitschr. d. d. geol. Ges.*, Bd. 29, 1877, p. 817).

AMPANGABÉITE

Propriétés cristallographiques. Les formes, peu distinctes, rappellent celles de la samarskite. Cassure conchoïdale à inégale.

Dureté. 4.

Densité. 3,97 à 4,29, suivant le degré d'hydratation (altération).

Propriétés optiques. Brun rouge à brun noir. Éclat gras très éclatant. Monoréfringente (par altération).

Propriétés chimiques. Essentiellement niobate (avec acides tantalique et titanique) d'uranium, de terres cériques, de fer, etc.

Au chalumeau, fond assez facilement sur les bords en un verre noir.

Décomposée par HCl, avec solution jaune et réaction de UO^3

Diagnostic. La pauvreté en TiO^2 ne permet de rattacher l'ampangabéite ni au groupe de l'aeschinite-polymygmite ni à celui de l'euxénite-polycrase [1] ; il s'éloigne en outre du premier par la pauvreté en terres cériques et du second par sa faible teneur en terres yttriques (Cf. Tome II, Troisième Partie, Chapitre IV).

GISEMENTS

Pegmatites potassiques. — J'ai décrit ce minéral [58] d'après des échantillons que j'avais rapportés d'Ampangabe, puis je l'ai signalé à Ambatofotsikely ; plus tard ce dernier gisement a été étudié par MM. Duparc, Wunder et Sabot [15].

Dans les deux localités l'ampangabéite forme des prismes rectangulaires d'un brun rouge de quelques centimètres de longueur, souvent groupés en plus ou moins grand nombre à axes imparfaitement parallèles ; leurs faces courbes ne permettent aucune mesure.

On rencontre fréquemment des groupements à axes parallèles d'ampangabéite et de columbite dont la couleur noire et l'éclat métallique tranche sur le fond rouge de l'ampangabéite.

Les figures 3 et 5 de la planche 15 représentent la photographie d'un autre type

1. Depuis que j'ai publié la description de ce minéral, M. Sabot a proposé [101] de considérer l'ampangabéite comme une euxénite hydratée. Cette conclusion ne me semble pas admissible ; dans les produits d'hydratation de l'euxénite, si abondants à Madagascar, on ne constate jamais d'élimination de titane. Ce serait plutôt du groupe de la samarskite que l'ampangabéite devrait être rapprochée ; malheureusement son état d'hydratation (par altération) rend impossible la discussion d'une formule.



1



2



3



4



5



6

Clichés Cintract et Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Fergusonite *;* S. Ambatofotsikely (fig. 1 et 2). — ***Groupement d'ampangabeite*** et ***d'euxénite*** *;* Ambatofotsikely (fig. 3 et 5). — ***Euxénite*** Est Ankazobe (fig. 4). — ***Columbite*** *;* Ampangabe (fig. 6).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

de groupement constitué par un entrecroisement des deux minéraux, dans lequel chacun d'entre eux a sa face d'aplatissement disposée à 90° de celle de l'autre. (Le plan de la figure 3 est parallèle à p des deux minéraux : il est parallèle à h^1 de la columbite dans la figure 5). J'ai vu aussi un échantillon de la grosseur du poing dont le centre est constitué par de la columbite et la périphérie par de l'ampangabéite.

A Ambatofotsikely, se trouve une variété d'un brun noir, moins hydratée que le type brun qui est le plus commun.

Dans ces deux gisements, l'ampangabéite est associée en outre à de la monazite et à l'ilmenorutile.

M. Moiret m'a signalé l'existence de l'ampangabéite dans la pegmatite de Sahamandrevo, localité située au Sud-Ouest d'Ampangabe, mais je n'ai pas vu d'échantillon de ce gisement.

Je dois à M. Florens un échantillon d'un minéral brun rouge, très analogue à celui d'Ampangabe et provenant de la pegmatite de Miakanjovato ; là aussi, ce minéral est intimement associé à la columbite. Enfin, j'ai rencontré la même association dans un échantillon d'Andreba que je dois à M. Krafft.

L'analyse *a*), faite par M. Pisani, m'a servi à établir l'espèce[1]. Les analyses *b*) et *c*) sont celles du minéral d'Ambatofotsikely ; *b*) *in* Duparc, Wunder et Sabot [15], variété de couleur claire (densité 3,3484) ; *c*) variété d'un brun noir (*in* Sabot [101]) (densité 4,644). J'ai étudié des échantillons du même gisement moins altérés dont la densité est de 4,66 :

	a	*b*	*c*
Nb^2O^5	34,80	50,60 (avec Ta^2O^5)	44,36
Ta^2O^5	8,90		1,76
TiO^2	4,90	2,10	0,12
ThO^2	2,50	1,30	1,50
UO^3	19,40	12,50 (U^3O^8)	14,35 (UO^2)
$(Y,Er)^2O^3$	4,00	1,35	»
Ce^2O^3	0,60 (avec $(La,Di)^2O^3$)	5,75	5,10 (avec $(La,Di)^2O^3$)
$(La,Di)^2O^3$		2,10	
Fe^2O^3	8,60	7,20	8,33
Al^2O^3	2,10	1,20	»
CaO	1,50	1,83	»
MnO	»	1,53	»
SiO^2	»	1,75	»
SnO^2	0,80	0,30 + WoO^3	1,44
H^2O	12,40	11,53	6,00
	100,50	101,56	
Densité	3,97	33,484	4,6444

La radioactivité oscille entre 0,3 et 0,6 ; pour le détail, voir Tome II, Troisième Partie, Chapitre IV.

GROUPE DE LA BETAFITE

J'ai désigné sous ce nom [52] un groupe de minéraux, qui, à une exception près[1], semblent être spéciaux aux pegmatites de Madagascar, et qui s'y rencontrent en quantité suffisante pour constituer un minerai d'uranium et de radium; ce groupe doit être placé dans la systématique à côté de celui du *pyrochlore* dont il se distingue surtout par sa grande richesse en urane et l'absence de proportions notables d'alcalis et de fluor. Tous ces minéraux, parmi lesquels je crois utile d'établir trois types : *betafite, samirésite, blomstrandite,* sont malheureusement hydratés par altération, de telle sorte qu'il n'est pas possible d'établir avec certitude leur formule chimique. Tous possèdent des propriétés physiques très voisines et ne se distinguent que par leur composition chimique.

Propriétés cristallographiques. Cubiques. Les formes dominantes sont l'octaèdre a^1 (111) ou le rhombododécaèdre b^1 (110), généralement associés, et de toutes les façons possibles (fig. 265 à 269). Les faces du cube et du trapézoèdre a^3 (311) sont exceptionnelles et toujours peu développées (fig. 268, 270 et 271). Pas de clivages.

Dureté. 4. Fragile.

Densité. Variable suivant le degré d'hydratation; à l'état frais, le minéral doit avoir une densité supérieure à 5, mais elle peut tomber jusqu'à 3,75 quand l'hydratation est grande.

Propriétés optiques. La couleur est d'un brun vert; elle devient jaune plus ou moins clair par altération. Éclat gras, dû à une forte réfringence. Monoréfringentes.

Propriétés chimiques. Ces minéraux sont essentiellement des niobates ou niobotantalates d'urane et de diverses bases, contenant des proportions variables de titane. Ils se distinguent les uns des autres en ce que la *blomstrandite* contient beaucoup d'acide tantalique, alors que la *betafite* et la *samirésite* n'en renferment presque pas. La *samirésite* se distingue de la *betafite* par sa richesse en plomb, par sa teneur moindre en titane et par l'absence de la chaux, qui, au contraire, existe, mais en quantité variable, dans les autres minéraux. La teneur en eau, toujours secondaire, varie dans ces diverses espèces de 5 à 12,5 pour 100 dans les échantillons analysés.

A l'inverse de la plupart des niobates intacts, tous ces minéraux sont facilement attaqués par les acides. La solution chlorhydrique et sulfurique, est jaune d'or et précipite en jaune par la potasse (UO^3), avec résidu constitué par les acides niobique et tantalique; la solution laisse déposer de l'acide titanique par ébullition. Fusibles au chalumeau en une scorie noire. Très radioactifs.

Diagnostic. Les réactions, qui viennent d'être données, établissent la nature de ces minéraux qui se distinguent des autres niobates uranifères par leur symétrie cubique (Cf. Tome II, Troisième Partie, Chapitre IV).

1. Le premier minéral de ce groupe que j'ai décrit (1910) est celui d'Ambolotara [46]. Comme il était dépourvu de formes géométriques, je n'ai pas voulu alors créer une espèce nouvelle et je l'ai désigné sous le nom de blomstrandite, par analogie avec un minéral de Nohl (Suède), qui était celui dont il s'écartait le moins. La blomstrandite était alors considérée comme un minéral d'homogénéité incertaine. Plus tard, j'en ai trouvé des cristaux distincts et je les ai désignés, suivant leur composition, sous les noms de *betafite* et de *samirésite*, puis j'ai rencontré à Tongafeno une troisième substance, qui se rapprochait assez de la blomstrandite suédoise pour qu'il m'ait paru légitime d'assimiler définitivement ces deux minéraux.

GISEMENTS

Les minéraux de ce groupe se rencontrent essentiellement dans les pegmatites potassiques et les premiers échantillons ont été rencontrés au cours de recherches faites pour le béryl.

Betafite.

A Ambolotara, à l'Ouest de Betafo, le minéral est d'un brun verdâtre, avec éclat de poix ; il est opaque ; il a été trouvé avec euxénite et malacon en petites masses de plusieurs centaines de grammes dépourvues de formes géométriques. Plus tard, quelques octaèdres nets ont été rencontrés.

De très petits cristaux se trouvent à Mahaiza (15 kilomètres Ouest de Betafo).

Les premiers beaux cristaux de betafite ont été recueillis par M. Florens, qui a bien voulu me les communiquer, à Antanifotsy (à 2 kilomètres Est d'Ampangabe) ; ces cristaux atteignant jusqu'à $2^{cm},5$, présentent toutes les modalités possibles de développement de a^1 et de b^1 : le type octaédrique prédomine. Je n'ai trouvé qu'exceptionnellement de petites faces p dans le facies octaédrique ; les faces sont toujours planes, mais ternes. J'ai examiné environs 700 cristaux dont aucun n'était parfait ; toujours une face présente des plans en escaliers, dus à ce que le minéral était implanté sur un mica ; c'est là un fait comparable à ce qui s'observe dans la plupart des cristaux de monazite d'Ampangabe. Fréquemment ces cristaux sont aplatis modérément suivant l'une quelconque de leurs faces ; ils sont d'ordinaire indépendants les uns des autres, ils sont plus rarement enchevêtrés (Pl. 17, fig. 1 à droite, et 12) et parfois groupés à axes parallèles (Pl. 16, fig. 8 et Pl. 17, fig. 1 à gauche).

De nombreux gisements de betafite se trouvent entre Antanifotsy et Morafeno, notamment à Ambatovohangy, près de Ranomanafana, puis à Morafeno (très gros cristaux à formes peu distinctes rappelant ceux d'Ambolotara et pesant parfois plus d'un kilogramme), avec euxénite, fergusonite, orthite.

Des cristaux analogues comme développement et dimensions sont exploités par M. Dreyfus à Ambatofotsy (22 kilomètres Ouest-Sud-Ouest de Soavinandriana) ; d'autres se trouvent à Ambalahazo, à 8 kilomètres Nord-Est d'Ambatofotsikely (échantillons communiqués par M. Rasamoel), au Sud de Tampanala (cristaux réguliers ou aplatis).

Le gisement d'Ambatofotsy est celui qui fournit les cristaux de dimensions les plus extrêmes. Le lavage de la pegmatite décomposée a donné, surtout au début des travaux, des cristaux n'ayant que 2 millimètres de diamètre ; ces petits octaèdres sont imprégnés de magnétite qui s'oriente parfois à axes parallèles sur

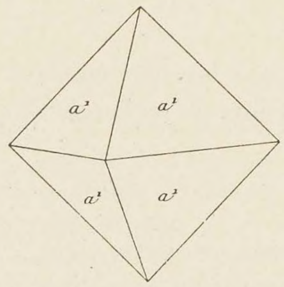


Fig. 265.

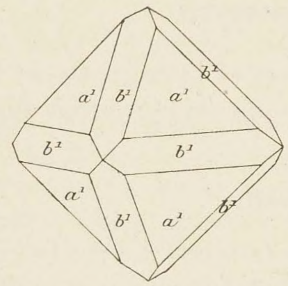


Fig. 266.

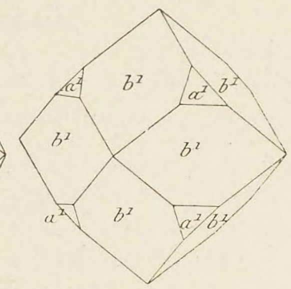


Fig. 267.

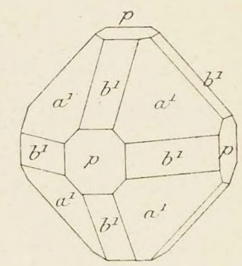


Fig. 268.

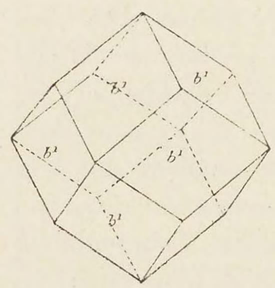


Fig. 269.

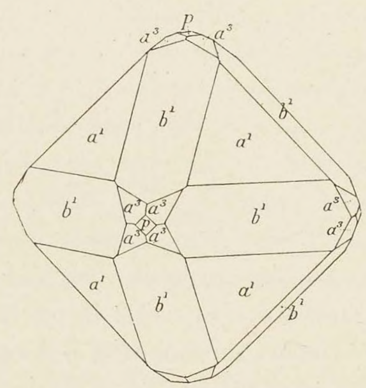


Fig. 270.

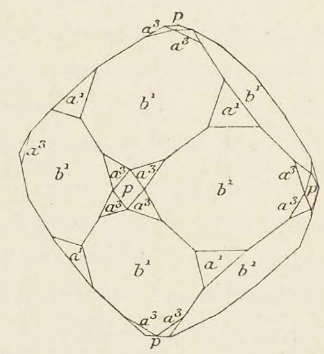


Fig. 271.

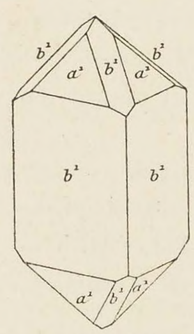


Fig. 272.

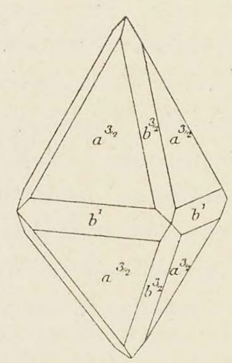


Fig. 273.

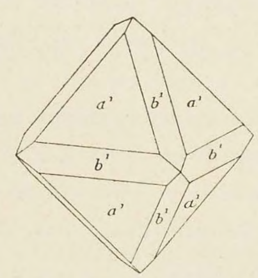


Fig. 274.

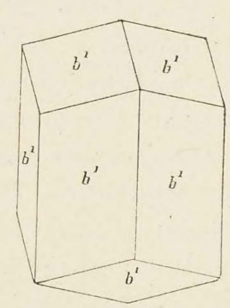


Fig. 275.

Fig. 265 à 275. — Betafite. Formes communes (fig. 265 à 269); Sama (fig. 270 à 272); allongement suivant un axe quaternaire; Madiomby, allongement suivant un axe quaternaire (fig. 273), à côté d'un cristal à développement normal (fig. 274); forme commune, allongement suivant un axe ternaire (fig. 275).

eux ; il est bien possible que dans les autres gisements précités on obtienne des cristaux de petite taille, en lavant avec soin la pegmatite altérée. La betafite d'Ambatofotsy est concentrée dans le filon aux points riches en biotite, et aussi en contact de quartz enfumé. Les gros cristaux atteignent plusieurs kilogrammes, ils sont d'ordinaire groupés en grand nombre ; un agrégat de ce genre trouvé en 1919 pesait 104 kilogrammes. Ces groupes de cristaux sont parfois traversés par des canaux hexagonaux de plus d'un décimètre de longueur (Pl. 16, fig. 5) qui correspondent à des prismes de béryl disparus par décomposition ; leurs parois présentent souvent des incrustations de cristaux de malacon.

C'est à M. Florens que je dois la communication des premiers échantillons provenant d'autres gisements de la même région : Andibakely et Sama, non loin du confluent de la Sakay et du Kitsamby : ces cristaux (a^1 dominant), atteignant de 6 à 7 centimètres de diamètre, accompagnent l'euxénite ; des faces cubiques y sont souvent associées à l'octaèdre et à a^3 (fig. 270 et 271). Les rhombododécaèdres sont aussi abondants (Pl. 16, fig. 6), parfois allongés suivant un axe binaire (fig. 275). Il existe des octaèdres à aspect pseudoquadratique par suite de leur allongement suivant un axe quaternaire ; quatre faces du rhombododécaèdre constituant un pseudoprisme (fig. 272) ; d'autres cristaux présentent un aplatissement suivant les faces b^1 (Pl. 17, fig. 11), semblable à celui qui va être décrit plus loin. M. Cortes m'a envoyé récemment des échantillons d'orthite qui accompagne la betafite à Sama.

Le gisement d'Ambatolampikely, situé au Nord-Ouest du mont Sahapila, est remarquable par les grandes dimensions de ses cristaux de betafite (j'en possède un pesant $1^{kgr},400$) qui se groupent pour former des assemblages pesant jusqu'à plus de 6 kilogrammes. Sur une vingtaine de kilogrammes de cristaux bien formés (fig. 265 à 271), j'en ai trouvé un certain nombre mesurant de 2 à 5 centimètres de plus grande dimension, avec 5 ou 6 millimètres seulement d'épaisseur. Ils sont tabulaires et possèdent un aspect orthorhombique qui m'avait fait penser tout d'abord à un minéral nouveau. Ils présentent les mêmes formes que les précédents, mais avec très grand aplatissement suivant une face b^1 et une réduction corrélative des autres faces dodécaédriques, ainsi que des faces a^1, p et a^3, dont une partie manque généralement. Les figures 276 et 277 et les figures 7 à 10 de la planche 17 représentent les diverses modalités de ces déformations. L'aplatissement a lieu souvent parallèlement à la base d'une lame de mica, de telle sorte qu'une des deux faces d'aplatissement est remplacée par des escaliers visibles sur la figure 9 de la planche 17. Ces cristaux aplatis sont parfois gondolés, ils ont alors l'apparence d'une matière qui aurait été plastique. Ce type d'aplatissement se rencontre dans plusieurs autres gisements.

J'ai trouvé en outre un seul cristal, ayant environ $1^{cm},5$ de plus grande dimen-

sion, qui présente un aplatissement du même ordre, mais qui a lieu suivant une face du cube (fig. 278 et Pl. 17, fig. 11, le premier cristal à gauche). Par suite de l'inégal développement des faces a^1, ce cristal ressemble au premier abord à une monazite

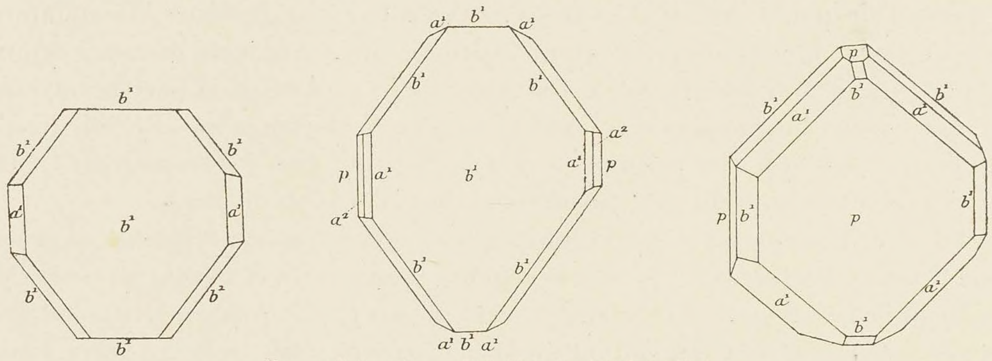


Fig. 276 à 278. — Betafite. Ambatolampikely.
Aplatissement suivant une face b^1 (fig. 276 et 277), suivant une face p (fig. 278).

de la combinaison $h^1(100)$, $d^{1/2}(111)$, $b^{1/2}(\bar{1}11)$, $a^1(\bar{1}01)$, $o^1(101)$, aplatie suivant h^1.

Un autre mode de déformation se rencontre à 40 kilomètres au Sud de Madiomby (Nord-Est d'Ankazobe). Dans la planche 17, la figure 3 représente un cristal à développement normal photographié à côté d'un autre (fig. 2), ayant l'apparence d'un octaèdre quadratique aigu allongé, associé à un prisme très court ; cette déformation pseudoquadratique rappelle celle qui a été décrite par Penfield[1] dans les cristaux de pyrite de French Creek en Pensylvanie. En réalité, ces prétendus prismes consistent en quatre faces b^1, en zone avec l'axe quaternaire, les faces a^1 sont remplacées par les faces du trioctaèdre $a^{2/3}(332)$, oscillant avec a^1 ($a^{2/3}$ $a^{2/3}$, s. $p = 50°29'$). La forme qui tronque cette pyramide aiguë est l'hexoctaèdre $b^{3/2}(320)$, ($b^{3/2}$ $b^{3/2}$, s. $p = 67°22'$ calc.), oscillant au sommet avec b^1 (cf. la figure théorique, 273). Ce même gisement renferme de jolis cristaux a^1 b^1 normalement développés.

M. Grossmann m'a signalé l'existence de cristaux de betafite au Sud de Sahanivotry, près du gisement d'autunite de Vinaninkarena, puis près d'Ihosy et au Sud-Ouest de Mananjary. Les cristaux de ce dernier gisement qu'il m'a remis ont en moyenne de 2 à 3 centimètres.

Le gisement le plus occidental que je connaisse se trouve au mont Bemainandro, dans la région de Midongy de l'Ouest ; les échantillons que je dois à M. Rossi sont dépourvus de forme géométrique.

J'ai trouvé un octaèdre de betafite, accompagné de cristaux de *priorite,* dans un lot de gros cristaux de zircon du mont Ampanobe.

1. *Amer. J. of Sc.*, t. XXVII, 1889, p. 209.

Samirésite.

La samirésite a été rencontrée au Sud-Est d'Antsirabe dans des gisements voisins les uns des autres, dans les filons de pegmatite à béryl de la colline de Maromaingoka, à 400 mètres environ du village d'Amparafaratany près de Samiresy et à Andoabatotany. J'ai visité ce gisement avec M. Rasamoel qui m'a remis les premiers échantillons que j'ai étudiés [52]. Les cristaux ne dépassent guère $1^{cm},5$; l'octaèdre existe souvent seul, rarement associé à b^1 ou a^3 (311). Les cristaux sont très fragiles et ont une couleur jaune de gomme-gutte. Ils sont quelquefois associés à des prismes de zircon brun, qu'ils englobent ou sur lesquels ils sont implantés et aussi au bismuth natif (transformé en bismuthosphérite) ; on les trouve souvent concentrés avec la biotite altérée. Le même gisement renferme aussi de la pyromorphite résultant de la transformation de galène ; cette association est intéressante à signaler, puisque l'une des caractéristiques de la samirésite consiste dans sa richesse en plomb.

Blomstrandite.

La blomstrandite est assez abondante dans la pegmatite à béryl de Tsaramanga (Tongafeno), sous forme de cristaux octaédriques, qui n'ont été recueillis encore que dans la terre rouge éluviale et dont la surface est généralement très corrodée. Leur dimension maximum atteint 5 centimètres : l'octaèdre est quelquefois accompagné de facettes b^1 (110) et a^3 (311). Dans le minéral à l'état relativement intact, c'est-à-dire au centre des grands cristaux, la couleur est d'un brun vert foncé, tandis que l'extérieur, plus hydraté, est d'un jaune clair.

La blomstrandite est fréquemment associée à des cristaux noirs, aplatis, de columbite et à des cristaux plus petits de malacon.

Le même minéral paraît accompagner la samarskite de Manendrika près Antanamalaza.

Des cristaux mal formés de blomstrandite, atteignant plusieurs centimètres, ont été trouvés en petite quantité, avec euxénite, à Fefena.

Pegmatites sodo-lithiques. — Les minéraux du groupe de la betafite ne sont pas absents des pegmatites sodo-lithiques, mais ils ne s'y trouvent qu'en cristaux dépassant rarement 2 millimètres de diamètre et, par conséquent, ne pouvant pas être isolés en quantité suffisante pour pouvoir être analysés. Je les rattache provisoirement à la blomstrandite, sans qu'il soit possible de démontrer rigoureusement l'exactitude de cette détermination.

Il est très fréquent que, dans ces roches, ces petits octaèdres, d'un brun jaune,

soient entourés de fissures étoilées, dues à une augmentation de volume consécutive à leur hydratation. J'ai observé le même phénomène dans le quartz de l'unique échantillon de betafite d'Ambatolampikely, où j'ai vu ce minéral dans sa gangue (Pl. 16, fig. 7). Les pegmatites sodo-lithiques dans lesquelles j'ai observé ces petits cristaux en abondance particulièrement grande, sont les suivants : Maharitra, Vohimasina (avec euxénite) Tsilaizina (dans l'albite) Antandrokomby (j'ai rapporté autrefois ce minéral au microlite), Antsongombato, etc.

J'ai décrit [47] sous le nom de *hatchettolite* un cristal de la grosseur d'une noix, dépourvu de formes géométriques, qui avait été rapporté par M. Villiaume de l'Ouest du mont Bity, avant que cette région fût exploitée pour gemmes. Cet échantillon (densité 3,95) accompagnait un lot des tourmalines diversement colorées. Un essai partiel qu'avait fait alors M. Urbain, me fait penser aujourd'hui que ce minéral doit être rapproché de la blomstrandite; il renferme 14,15 pour 100 de U^3O^8 et 2,37 de GlO, oxyde qui n'a pas été trouvé dans les autres minéraux du groupe. Il n'est malheureusement pas possible de préciser son gisement exact.

Voici les analyses qui m'ont servi à établir ces différentes espèces[1]; elles ont été effectuées par M. Pisani.

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
Nb^2O^5	34,80	34,80	32,10	45,80	23,30	49,76 (Nb²O⁵ + Ta²O⁵)
Ta^2O^5	tr.	1,00	tr.	3,70	28,50	
TiO^2	18,30	16,20	17,30	6,70	10,80	10,71
SnO^2	0,30	0,37	»	0,10	0,30	»
ThO^2	1,30	1,12	1,25	»	»	»
UO^3	26,60	27,15	28,60	21,20	18,10	23,68 (UO)
$(Ce, La, Di)^2O^3$	0,60	1,00	1,20	0,20	2,50	»
$(Y, Er)^2O^3$	0,90	»	»	»	0,30	»
Bi^2O^3	»	»	»	»	0,40	»
Al^2O^3	2,10	1,50	0,50	0,74	»	0,11 (Al^2O^3 + Fe^2O^3)
Fe^2O^3	2,87	0,50	1,38	»	»	
FeO	»	»	»	1,06	1,35	3,33
MnO	»	»	0,25	»	0,50	0,04
PbO [1]	»	»	»	7,35	»	
MgO	0,40	tr.	»	»	0,20	0,16
CaO	3,45	3,12	11,61	»	4,00	3,45
K^2O	»	0,38	»	0,30	»	
H^2O	7,60	12,50	5,20	12,45	9,60	7,96
	99,22	99,64	99,39	99,60	99,85	99,32 [2]
Densité	4,17	3,75	4,475	5,24	4,74	4,17 — 4,25

Betafite. — *a*) Ambolotara; *b*) Ambalahazo; *c*) Ambatolampikely.

1. L'examen au chalumeau met presque toujours en évidence au moins des traces de plomb et de bismuth.
2. Y compris 0,20 précipité par H^2S.



1



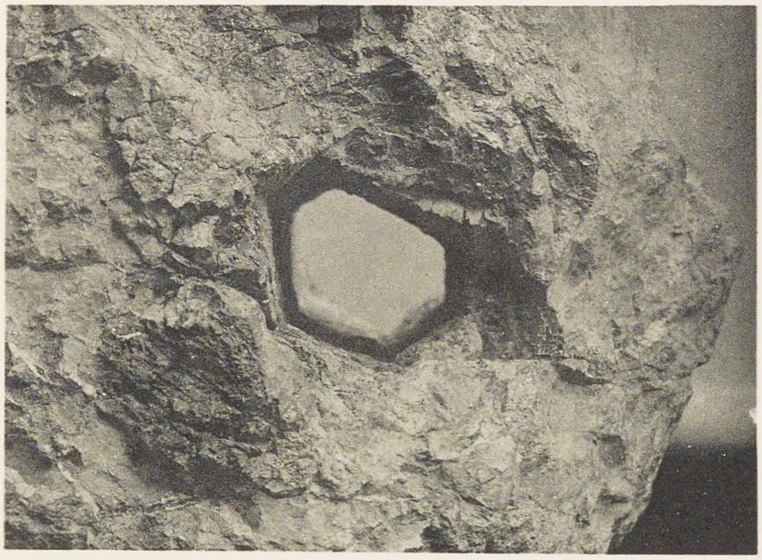
2



3



4



5



6



7



8

Clichés Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Euxénite ; Samiresy (fig. 3) ; N. Ankazobe (fig. 2) ; W. Ambolotara (fig. 4). — *Manganocolumbite* dans pegmatite ; Manjaka (fig. 3). — *Betafite* ; Ambatofotsy (fig. 8) ; Sama (fig. 6) ; dans quartz, Ambatolampikely (fig. 7) ; avec vide hexagonal (béryl disparu) ; Ambatofotsy (fig. 5).

A. Challamel, éditeur

Samirésite. — *d*) Samiresy.

Blomstrandite. — *e*) Tongafeno ; *f*) Nohl (Suède) (*in* Lindström. *Geol. För, Förh. Stockholm*, t. 2, 1874, p. 162.

L'étude de la radioactivité des minéraux de ce groupe est donnée tome II dans le chapitre IV de la troisième partie.

M. Arsandaux a rapporté du Sud-Est d'Ambatofotsikely, des échantillons d'un jaune verdâtre, dépourvus de formes géométriques, qui se rapprochent de la samirésite par leur faible teneur en titane, mais contiennent une quantité notable de terres cériques et seulement des traces de plomb. L'analyse suivante a été faite par M. Pisani.

Nb^2O^5	39,06
TiO^2	8,76
ThO^2	1,40
SnO^2	0,80
UO^3	27,20
$(Ce, La, Di)^2O^3$	5,60
$(Y, Er)^2O^3$	0,40
Fe^2O^3	1,62
Al^2O^3	1,78
CaO	2,40
H^2O	10,00
	99,92

La densité est de 4,10.

GROUPE DU PYROCHLORE

Les minéraux de ce groupe sont cubiques et cristallisent sous la forme d'octaèdres réguliers ; les types principaux sont les suivants :

Pyrochlore	$xNb^2O^6R \cdot y(Ti, Th)O^3R \cdot 3NaF$?
Hatchettolite	$2(Nb, Ta)^2O^6(UO^2, Ca, Fe) \cdot NaF$?
Microlite	$(Ta, Nb)O^7R^2(Ta, Nb)^2O^6R \cdot 3NaF$?
R = Ce, Ca, Fe, etc.	

La *dureté* est de 5 à 5,5 ; la *densité* est de 4,2 à 4,36 (*pyrochlore*), de 5,48 à 6,13 (*microlite*) ; elle varie avec la composition, elle est abaissée par hydratation secondaire. La couleur est d'un brun noir à un brun rouge ; le minéral est transparent en lames minces.

GISEMENTS

Granites à aegyrine et riebeckite. — Dans les granites à aegyrine et riebeckite d'Ampasibitika, j'ai trouvé, à l'état microscopique, des octaèdres jaune d'or qui accompagnent le zircon. Je les ai attribués tout d'abord au pyrochlore [131], mais ayant pu en isoler une petite quantité, j'ai constaté leur extrême pauvreté en titane, qui me conduit à les rapporter plutôt à la microlite [26].

EUXÉNITE — POLYCRASE

$[(Nb, Ta)O^3]^2[Ca, (UO)]$. $[(NbTa)O^3]^3(Y, Ce)$. $[TiO^3]^2(Y, Ce)^2$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombiques. $a : b : c = 0,3789 : 1 : 0,3527$; $mm = 138°31'$; $a^1\ a^1\ s \cdot p = 56°29'$; $b^1/_2\ b^1/_2 = 97°26'$. Cassure conchoïdale.

Dureté. 6,5.

Densité. 5,1 à 4,6 : diminue par suite d'hydratation.

Propriétés optiques. Noirs, passant au brun. Poussière jaune à brun rouge. Transparents seulement en lames minces et alors d'un brun rouge. Éclat très vif, semi-gras, semi-métallique. En général monoréfringents (par altération).

Propriétés chimiques. Dans la formule donnée plus haut, le rapport $Nb^2O^5 : TiO^2$ est variable; quand il est égal à 1 : 3 ou plus petit, le minéral constitue l'*euxénite* et lorsqu'il a une valeur de 1 : 4 à : 6, il est appelé *polycrase*. Une petite quantité de Nb est d'ordinaire remplacée par Ta, les terres yttriques prédominent de beaucoup sur les terres cériques.

Infusibles au chalumeau.

Ne sont que difficilement attaqués par SO^4H^2, en laissant un résidu blanc qui, traité par le zinc métallique, donne une coloration bleue.

Radioactifs.

Diagnostic. La couleur et l'éclat sont très caractéristiques; se distinguent de l'*aeschynite* par la prédominance de l'yttrium parmi les terres rares, de la *samarskite* par la grande richesse en titane (Cf. Tome II, Troisième Partie, Chapitre IV).

L'euxénite forme d'ordinaire des cristaux épais, de grande taille et souvent entourés d'une zone hydratée ; le polycrase, des cristaux allongés, et très aplatis suivant g^1 dont la couleur est le noir franc.

GISEMENTS

Pegmatites potassiques. — L'euxénite est le titano-niobate orthorhombique le plus répandu à Madagascar. Tandis que dans le gisement, où je l'ai signalée pour la première fois [39] (mont Bandahely près Antranotsiritra, sur la rive droite du Maevarano), elle ne constitue qu'un accident minéralogique curieux, dans maintes pegmatites de l'île, elle se trouve en assez grande quantité pour constituer un

minerai d'uranium. Madagascar est actuellement le pays susceptible de fournir la plus grande quantité d'euxénite, et c'est probablement celui où ce minéral se rencontre en plus beaux cristaux.

A l'exception d'un seul gisement, celui de Vohimasina (vallée de la Sahatany), où j'ai recueilli des cristaux d'un demi-centimètre dans une pegmatite sodolithique, l'euxénite ne se rencontre que dans les pegmatites potassiques ; elle accompagne surtout la muscovite et le béryl et aussi la monazite, la betafite.

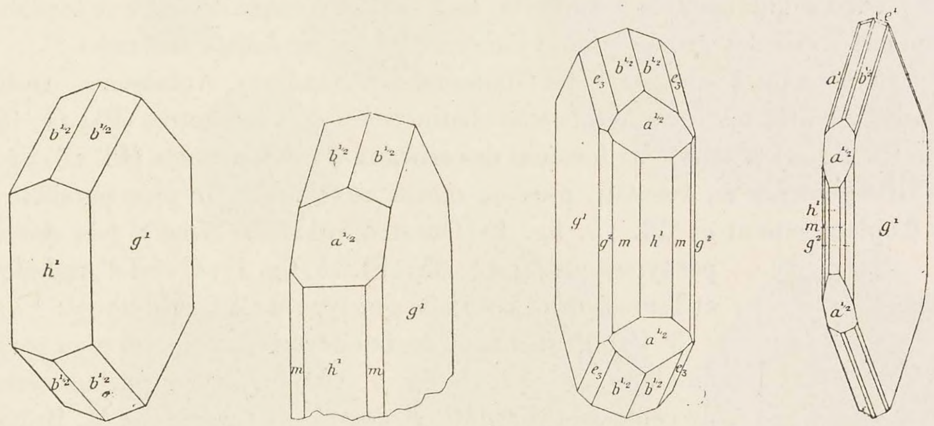


FIG. 279 à 282. — Euxénite. Type I.
Formes communes (fig. 279 et 280) ; Sahamandrevo (fig. 281) ; Ambatofotsikely (fig. 282).

Les cristaux d'euxénite sont parfois doublement terminés, quand ils sont englobés dans le quartz ou le feldspath. D'ordinaire, leurs formes sont simples : h^1 (100), g^1 (010), $b^{1/2}$ (111) ne manquent jamais et existent parfois seules ; $a^{1/2}$ (201) est assez fréquente ; p (001) l'est moins, mais imprime un facies spécial aux cristaux qui présentent cette base, toujours largement développée ; enfin e^1 (011) (fig. 288), e_3 (121) (fig. 281, d'après M. Ungemach), a^1 (101) et γ ($b^{1/4}b^{1/5}g^1$) (131) (fig. 282, d'après M. Sabot) sont exceptionnelles.

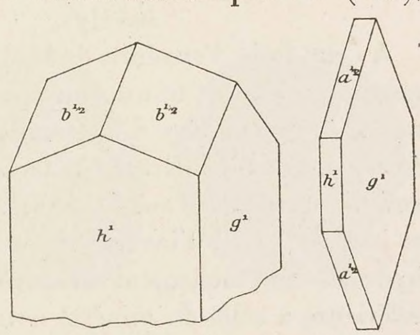


FIG. 283 et 284. — Euxénite.
Formes simples exceptionnelles.

Le facies des cristaux rappelle beaucoup celui des cristaux de columbite ; le type I est le plus fréquent, avec aplatissement très marqué suivant g^1 (fig. 279 à 282). Comme dans l'euxénite de Norvège[1] et à l'inverse de ce qui a lieu dans le type analogue

1. Brögger. *Op. cit.* pl. III, fig. 1 et 2 : les cristaux norvégiens figurés ne présentent pas la face p.

de columbite décrit plus haut, $b^{1/2}$ domine beaucoup sur $a^{1/2}$. Une variante de ce type (fig. 283) est caractérisée par l'égal développement de h^1 et de g^1 ; le facies devient pseudo-quadratique. Plus rare est le cas représenté par la figure 284 dans lequel $b^{1/2}$ disparaît.

Les cristaux correspondant au type II de la columbite (fig. 285) se rencontrent dans un moins grand nombre de gisements, mais ils existent en énorme quantité dans certains d'entre eux.

Plus encore que ceux de columbite, les cristaux d'euxénite ont une tendance à former entre eux des groupements ; j'ai constaté les modalités suivantes :

1° Groupements à axes parallèles (Ranomafana, Samiresy, Antalevina, Ambatofotsikely) ; tantôt les composants sont distincts les uns des autres (Pl. 14, fig. 1 et Pl. 16, fig. 2) et tantôt ils forment des cristaux à contours nets (Pl. 16, fig. 3).

2° Groupements en éventail, plus ou moins ouvert dans un plan parallèle à la face d'aplatissement g^1 (Pl. 15, fig. 4) [Ouest d'Ankazobe (face p très développée type de la figure 285) (Pl. 16, fig. 4) ; Ouest d'Ambolotara et Tsarasaotra (pas de face p, type de la figure 279)] ;

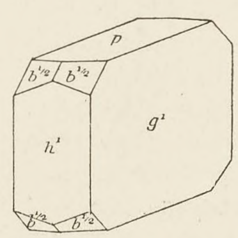


FIG. 285. — Euxénite (Type II). Forme commune.

3° Groupements en gerbes déversées dans un plan perpendiculaire à g^1 (Pl. 15, fig. 6, Ampangabe), rappelant certains de ceux de columbite et aussi ceux figurés par M. Brögger[1] dans l'euxénite de Svinör et comparés par lui aux groupements de stilbite (Desminähnliches Aggregat) ;

4° Enchevêtrements sans régularité dont les composants, une fois détachés, ont un aspect pseudo-columnaire (Andibakely).

A l'état frais, l'euxénite de Madagascar possède une cassure noire, mais très fréquemment elle est transformée par hydratation, soit superficiellement, soit entièrement, en une matière d'un jaune plus ou moins brun, pourvue d'un éclat gras très éclatant, souvent marbrée de taches claires et d'autres plus foncées ; elle peut alors devenir translucide sur les bords. La surface des cristaux altérés est souvent terne et jaune clair. A l'inverse de ce qui a lieu pour l'euxénite intacte, ces produits hydratés sont facilement attaquables par les acides ; leur densité est devenue très inférieure à celle du minéral noir intact.

On trouvera dans le tome II, au chapitre des *pegmatites*, l'énumération d'un grand nombre de gisements d'euxénite, je ne m'occuperai ici que de ceux auquels la netteté de leurs cristaux donne de l'intérêt.

Les recherches pour béryl faites dans la région d'Ankazobe (haute vallée de la

1. *Op. cit.* pl. 1., fig. 7.

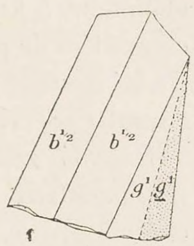


Clichés Cintract. Imp. Catala frères, Paris.

Betafite. Développement normal. Antanifotsy (fig. 1, 3) ; Ambalavatokely (fig. 4, 5) ; Antanifotsy (fig. 12). Développement anormal. Madiomby (fig. 2) ; Ambatolampikely (fig. 6 à 10) ; Sama (fig. 11).

A. Challamel, éditeur

Betsiboka) ont fait découvrir récemment un assez grand nombre de gisements d'euxénite : Ambohitantely (cristaux atteignant 7 centimètres) ; Tsarasaotra (avec monazite, béryl, scapolite) ; Miakanjovato (densité 5,40) ; Est d'Ankazobe (Pl. 15, fig. 4), etc., mais le gisement le plus intéressant est celui du mont Vohambohitra qui m'a fourni en particulier [81] la macle suivant $a^{1/2}$ (201) connue dans le polycrase et dans la columbite, mais nouvelle pour l'euxénite. J'ai reproduit dans les figures 286 et 287 deux modalités de cette macle en les orientant de façon à mettre en rapport leurs relations mutuelles. L'échantillon de la figure 287 pèse 380 grammes.



Le Sud-Est du Mandridrano et la région située entre le lac Itasy et Betafo contiennent une quantité considérable de gisements importants à citer : Ambohitsarabe (15 kilomètres Sud de Soavinandriana) ; Ranomafana (très beaux cristaux, fig. 279, 281, 283) ; Fiadanana et le Nord d'Ambohibe, sur les deux rives du Kitsamby [gros cristaux de 5 à 6 centimètres groupés et d'autres, plus petits, remarquablement nets, avec quelquefois e^1 (fig. 288)] ; Sahamandrevo près Ampangabe (cristaux souvent complets (fig. 281) ; région de Sama (notamment Andibakely) (groupes divergents de cristaux très hydratés atteignant jusqu'à 6 ou 7 centimètres), etc.

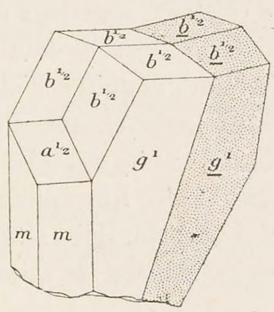


Fig. 286 et 287. — Euxénite. Macle suivant $a^{1/2}$. Mont Vohambohitra.

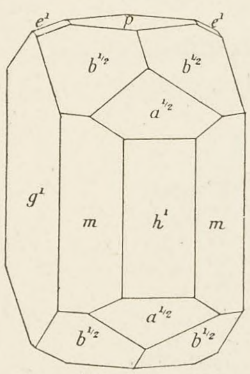


Fig. 288. — Euxénite d'Ambohibe.

M. Sabot a décrit [101] de petits cristaux d'euxénite (densité 4,7225) provenant d'Ambatofotsikely ; les uns ont les formes communes, les autres, très aplatis et plus compliqués, sont représentés par la figure 282. Le même auteur a signalé des blocs informes (densité 4,594) et des agrégats de cristaux d'un brun rouge ayant jusqu'à 15 centimètres de plus grande dimension et pesant jusqu'à 2 kilogrammes ; leur densité est de 4,7501 : cette description rappelle certaines des variétés d'ampangabéite de ce gisement que j'ai examinées ; ces cristaux sont empilés suivant g^1 et constituent des groupements en gerbes qui rappellent ceux de la columbite.

Dans les environs de Betafo, il faut citer : A l'Ouest d'Ambolotara (cristaux de 5 centimètres, groupés) ; l'Ikotopiana affluent de l'Andrantsay, à 19 kilomètres Nord-Ouest de Betafo ; Andraikiba (à 3 kilomètres Ouest d'Antsirabe) ; Antanifotsy, au Sud de Marobiby (Sud de Tongafeno), etc.

A Samiresy (avec bismuth et béryl) les cristaux sont remarquablement nets ($m\,g^1\,b^{1/2}$) (Pl. 16, fig. 1), puis, à 400 mètres au Sud-Est de ce gisement, sur la colline d'Andaobatotany, et accompagnant la samiresite, se trouvent des masses qui atteignent 5 kilogrammes ; elles sont dépourvues de formes géométriques et sont encroûtées de psilomélane. D'après M. Rasamoel, qui m'a conduit sur ce gisement, il a été recueilli dans 10 mètres cubes d'éluvions 280 kilogrammes d'euxénite, sans compter les cristaux trop petits pour être triés à la main.

Dans la vallée de la Sahatany, à 1 kilomètre Nord-Ouest d'Ambalamafana (gros cristaux de 4 à 5 centimètres); des cristaux semblables m'ont été donnés comme provenant d'un gisement voisin, sinon identique, avec l'indication Ouest de Tetehana ; ils présentent la particularité d'être groupés à axes parallèles avec des cristaux lamelleux de columbite. C'est donc un groupement analogue à celui de samarskite et de columbite que M. Brögger a décrit[1] dans les cristaux d'Ånneröd (Norvège) et qu'il a d'abord désigné sous le nom d'*ånnerödite*, alors qu'il le considérait comme constituant une espèce spéciale ; ici c'est l'euxénite qui est le minéral principal ; elle englobe la columbite.

M. Vieille Koechlin m'a communiqué un minéral semblant être une euxénite très hydratée, qui a été recueilli dans la région de Bekily ; c'est là le gisement le plus méridional de minéral radioactif qui soit actuellement connu à Madagascar.

Les analyses suivantes ont été faites par M. Pisani sur l'euxénite.
a) d'Ambolotara ; *b*) de Samiresy ; *c*) ; de Sama (Andibakely).

	a	*b*	*c*
Nb^2O^5	33,70	29,30	35,50
TiO^2	19,10	23,10	23,60
ThO^2	1,54	2,80	3,70
UO^2	16,40	14,70	3,00
$(Y, Er)^2O^3$	18,38	17,80	20,80
$(Ce, La, Di)^2O^3$	2,44	2,20	2,10[2]
Al^2O^3	1,30	1,65	1,31
FeO	1,10	2,25	1,09 (Fe^2O^3)
MgO	»	0,25	»
CaO	2,27	1,90	4,01
P. F.	4,00	3,95	4,35
	100,23	99,90	99,46
	4,89	4,79	4,59

On a vu plus haut que la distinction de l'euxénite et du polycrase repose sur

1. *Die Mineralien der Südnorwegischen Granitpegmatit Gänge, op. cit.*, p. 148.
2. Ce^2O^3 0,40. $(La, Di)^2O^3$ 1,70.

la valeur du rapport $Nb^2O^5 : TiO^2$. Ce rapport

a. 1 : 1,8 *b*. 1 : 2,7 *c*. 1 : 2,2

classe tous les minéraux malgaches analysés dans les euxénites.

Ces analyses montrent en outre la variabilité de la teneur en uranium des euxénites ; c'est un fait très général à Madagascar et dont il faut tenir compte pour l'estimation de leur valeur commerciale.

M. Grossmann a signalé [19] à Fiadanana des produits de l'hydratation progressive de l'euxénite dont la couleur passe du noir au vert pur et dans lesquels la teneur en urane et, par suite, la radioactivité paraissent augmenter avec la teneur en eau. C'est là une conclusion en contradiction avec ce qui sera démontré tome II pour la betafite et qui me paraît constante dans les minéraux radifères malgaches.

Pour plus de détails sur la radioactivité, voir tome II, Troisième Partie, chapitre IV.

Comme termes de comparaison, je donne ci-contre la composition de quelques euxénites et polycrases de diverses régions.

Euxénite. — *a*. d'Eitland (Norvège), par Rammelsberg (*Monatsber. k. preuss. Akad. Wissensch. Berlin*, 1871, p. 428) ; *b*. Alve, près Arendal (Norvège), par C. W. Blomstrand, *in* Brögger (*op. cit.*, p. 89).

Polycrase. — *c*. d'Hitterö (Norvège,) par Rammelsberg (*op. cit.*,) ; *d*. d'Henderson C°, par Hidden et Mac Intosh. (*Amer. J. of Sc.*, t. 41, 1891, p. 423).

	a	*b*	*c*	*d*
Nb^2O^5	33,39	27,64	22,75	19,48
Ta^2O^3	»	1,27	2,00	»
TiO^2	20,03	25,68	27,84	29,31
SiO^2	»	0,17	»	»
SnO^2	»	0,18	»	»
ThO^2	»	3,58	»	»
UO^2	12,12	5,83	6,66	13,77
$(Y, Er)^2O^3$	21,90	27,73	31,65	27,55
$(Ce, La, Di)^2O^3$	3,50	2,20	2,78	
FeO	3,25	1,13	1,58	2,87
MnO	»	0,16	»	»
MgO	»	0,06	»	»
CaO	1,36	1,08	»	»
TbO	»	0,63	»	»
Na^2O	0,82	0,18	»	»
K^2O	»	0,09	»	»
H^2O	2,40	2,55	3,51	5,18
	98,77	100,16	98,77	98,16
$Nb^2O^5 : TiO^2$	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5

PRIORITE — BLOMSTRANDINE[1]

Propriétés cristallographiques. Orthorhombiques. $a:b:c = 0{,}4746:1:0{,}6673$; $mg^1 = 115°24'$; $g^2 g^1 = 144°\ 55'$; $e^1 e^1 = 106°\ 19'$.

Les minéraux de ce groupe forment une série ayant la même composition chimique que le groupe *euxénite-polycrase* ; les types les plus niobiques constituent la *priorite* et les plus titanifères la *blomstrandine*.

Le facies des cristaux est très différent de celui de l'euxénite-polycrase ; au lieu d'être allongés suivant c, ils le sont suivant a, et aplatis suivant g^1, ou bien également développés suivant b et c. On pourrait ramener leurs paramètres à ceux du groupe précédent, mais M. Brögger, qui a créé ces espèces[2], les considère comme distinctes parce qu'il a trouvé des cristaux de polycrase groupés à axes parallèles sur la blomstrandine.

Toutes les propriétés physiques et chimiques sont comparables à celles qui ont été exposées pour l'euxénite-polycrase.

GISEMENTS

Pegmatites. — A Tongafeno, j'ai trouvé un seul cristal isolé, d'un noir brunâtre (fig. 289) mesurant 3 centimètres et qui doit être rapporté à ce groupe. Il présente la combinaison des formes g^1 (010), g^2 (130), h^1 (100), $e^{1/2}$ (021), comme les cristaux de blomstrandine d'Hitterö et de priorite du Svasieland, mais il existe en outre les formes a^2 (102) et $e^{5/4}$ (045), nouvelles pour l'espèce [$h^1\ a^2 = 125°\ 6'$ calc. ; $e^{5/4}\ e^{5/4}$ s, p $124°\ 21'$].

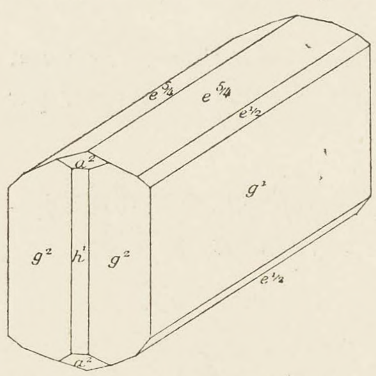


Fig. 289. — Priorite de Tongafeno.

J'ai rencontré le même minéral en cristaux atteignant 1 centimètre parmi des échantillons qui m'ont été donnés comme accompagnant les gros zircons du mont Ampanobe.

Enfin je viens de recevoir des cristaux de plusieurs centimètres recueillis à 1500 mètres à l'Est d'Ambatofotsy ; d'un brun foncé, ils sont jaunes et ternes à leur surface ; leur densité est de 5,05. Aplatis suivant g^1, ils sont un peu allongés suivant c ; les uns ne présentent que le prisme m, alors que les autres ont en outre h^1 et g^3 (120) ; $e^{1/2}$ est constant et très développé ; il existe parfois en outre $b^{1/2}$ et p. Ces cristaux me semblent devoir être rapportés à la priorite, plutôt qu'à la blomstrandine ; je reviendrai à leur sujet dans le supplément qui termine le tome II.

1. Ne pas confondre avec la *blomstrandite*.
2. *Die Mineralien der Sudnorwegischen Granitpegmatit Gänge*, 1906, *op. cit.*, p. 98.

XIII

SILICATES

I. SILICATES BASIQUES

GRANDIDIÉRITE

$Si^7O^{36}(Al, Fe, B)^{22}(Mg, Fe, Ca)^7(Na, K, H)^4$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. Clivages : très facile suivant h^1 (100), un peu moins facile suivant g^1 (010).

Dureté. 7,5. *Densité.* 2,99.

Propriétés optiques. Vert bleuâtre. Transparente en lames minces. Éclat vitreux, un peu nacré suivant h^1.

Optiquement négative, plan des axes parallèle à p (001). La bissectrice aiguë est perpendiculaire à h^1 ; $\rho < v$. Polychroïsme intense : n_g = vert foncé, n_m = incolore, n_p = vert bleu foncé. $n_g > n_p > n_m$. Les sections perpendiculaires à un axe optique donnent le phénomène des houppes.

Propriétés chimiques. La formule ci-contre est déduite de l'analyse reproduite plus bas.

Infusible au chalumeau. Inattaquable par les acides.

Diagnostic. Les propriétés optiques des lames de clivage h^1 et notamment leur polychroïsme intense ne permettent de confondre la grandidiérite avec aucun autre minéral.

GISEMENTS

Pegmatites. — J'ai dédié ce nouveau minéral [33, 36], qui n'a encore été trouvé que dans un seul gisement de Madagascar, à mon confrère, Alfred Grandidier, le savant explorateur de la Grande Ile.

La grandidiérite est l'un des éléments d'une pegmatite et d'une aplite des falaises d'Andrahomana, à l'Ouest-Sud-Ouest de Fort-Dauphin.

Ses cristaux peuvent atteindre 8 centimètres de longueur ; ils englobent parfois poecilitiquement tous les autres éléments de la roche ; quartz, microcline, almandin, pléonaste, andalousite et biotite.

A côté de ces cristaux bleus de grandidiérite, j'ai rencontré un autre minéral incolore, possédant les mêmes propriétés optiques, sous la réserve que dans les sections perpendiculaires à la bissectrice aiguë son extinction en lumière parallèle (rapportée à sa séparation rectiligne avec la grandidiérite sur laquelle il est orienté) est de 11°; de plus, le plan des axes optiques est voisin de l'allongement. Il s'agit probablement d'un minéral nouveau, que je n'ai pu spécifier, faute d'une quantité suffisante de matière.

L'analyse *a*) a été faite par M. Pisani ; depuis lors, M. de Gramont ayant constaté, à l'aide du spectroscope, la présence du bore, nous avons repris ensemble l'étude de ce minéral [92 *bis*] ; pour cela, une nouvelle analyse *b*) a été effectuée par M. Raoult; il semble que, comme dans beaucoup d'autres silicates basiques, B^2O^3 remplace une petite quantité de Al^2O^3.

	a	*b*
SiO^2	20,90	20,46
Al^2O^3	52,80	51,75
B^2O^3	»	2,81
Fe^2O^3	6,60	7,29
FeO	4,86	4,11
MgO	9,65	7,91
CaO	2,10	0,86
Na^2O	2,22	2,94
K^2O	0,40	0,38
H^2O	1,25	1,64
	100,78	100,15

Les indices de réfraction suivants ont été mesurés sur l'échantillon analysé (Na).

$$n_g = 1,6385,\ n_m = 1,6360,\ n_p = 1,6018, \text{ d'où } 2V = 30°16'.$$

SAPHIRINE

$Si^5O^{37}Al^{24}Mg^{11}$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0,7310 : 1 : 1,4115$; $zx = 68°33'$; $mm = 114°40'$; $me^2 = 87°50'$; $h^1o^2 = 146°7'$. Cassure conchoïdale et inégale.

Dureté. 7,5. *Densité.* 3,45 à 3,49.

Propriétés optiques. Bleu clair à bleu foncé, vert. Éclat vitreux très vif.

Optiquement négative, plan des axes optiques parallèle à g^1; la bissectrice aiguë fait dans g^1 un angle de 98° avec *c*. Polychroïsme intense : n_g et n_m = bleu plus ou moins foncé; n_p = incolore.

Propriétés chimiques. La formule donnée plus haut correspond à la composition : SiO^2 15,3; Al^2O^3 62,3; MgO 22,4.

Infusible au chalumeau. Inattaquable par les acides (même par l'acide fluorhydrique).

Diagnostic. Parmi les minéraux bleus, la saphirine se distingue du corindon par sa biaxie, du spinelle par sa biréfringence; de la cordiérite par la valeur de sa biréfringence et de sa réfringence.

GISEMENTS

J'ai trouvé ce minéral [64] avec kornerupine et zircon parmi des échantillons recueillis sur le sol, à environ 20 kilomètres à l'Est d'Itrongay. La figure 1 représente théoriquement toutes les formes observées que je n'ai constatées d'ailleurs qu'à l'état de faces isolées sur des fragments de cristaux ne dépassant guère 1 centimètre. Ces formes sont m (110), h^1 (100), o^2 (102), e^1 (011), e^2 (012). Ces cristaux, aplatis suivant g^1, sont translucides. Ils n'adhèrent à aucune gangue : leur aspect diffère notablement de celui de la saphirine du Groenland, et l'on peut supposer, qu'ainsi que les minéraux les accompagnant, ils proviennent de pegmatites.

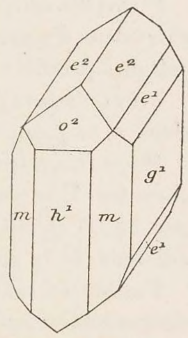


Fig. 290. — Saphirine d'Itrongay.

L'analyse *a*) a été faite par M. Pisani, lors de ma découverte de ce minéral à Madagascar. Je l'ai fait refaire par M. Raoult; c'est cette dernière analyse *b*) qui a servi à établir la formule donnée plus haut ; elle est un peu différente de celle admise généralement pour ce minéral ($Si^2O^{27}Al^{12}Mg^5$). On voit que, comme dans la kornerupine et la grandidiérite, une petite portion de Al^2O^3 est remplacée par B^2O^3.

Je donne comme comparaison l'analyse de la saphirine de Fiskernäs (Groenland) : *c*) par Damour (*Bull. Soc. géol. France,* t. VI, 1849, p. 315), et *d*) par Ussing (*Öfv. k. Vet. Akad. Förhandl. Stockholm,* t. 46, 1889, p. 17).

	a	*b*	*c*	*d*
SiO^2	14,90	15,08	14,86	12,95
Al^2O^3	62,55	60,46	63,25	64,44
B^2O^3	»	0,75	»	»
Fe^2O^3	»	1,42	»	»
FeO	1,78	0,78	2,00	1,66
MgO	21,20	21,42	19,28	19,83
CaO	»	0,42	»	»
H^2O +	»	0,11	»	0,34
—	»	0,05	»	»
	100,43	100,49	99,39	99,22
		3,455	3,473	3,46

Les indices suivants ont été mesurés sur le minéral d'Itrongay :

$$n_g = 1,7077, \quad n_m = 1,7074, \quad n_p = 1,7042.$$

KORNERUPINE

$[SiO^4]^7Mg^8[(Al, B)O]^{12}$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $mm = 98°37'$. Clivages assez difficiles suivant m (110) et interrompus ; cassure conchoïdale.

Dureté. 6,5. *Densité*. 3,27 (Itrongay) à 3,34.

Propriétés optiques. Vert de mer et parfaitement limpide à Itrongay, blanche ou jaune brunâtre dans d'autres gisements. Éclat vitreux un peu gras. Optiquement négative, plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë parallèle à l'axe vertical.

Très polychroïque en lames de quelques millimètres d'épaisseur : n_g = vert pâle, n_m = jaune clair, n_p = jaune rougeâtre.

Propriétés chimiques. L'analyse donnée plus loin correspond assez bien à la formule adoptée ci-contre. Une partie de MgO est remplacée par CaO, Na^2O, K^2O, une petite quantité de Al^2O^3 par Fe^2O^3 et B^2O^3. La formule généralement admise SiO^6Al^2Mg est plus simple, mais elle s'éloigne de la composition du minéral malgache ; elle ne tient pas compte du bore.

Fusible au chalumeau en un émail blanc. Inattaquable par les acides sauf l'acide fluorhydrique additionné d'acide sulfurique.

Diagnostic. Se distingue de l'andalousite verte par sa densité, l'angle de ses clivages et l'écartement des axes, du diopside vert, par l'angle des clivages, les propriétés optiques et la résistance aux acides.

GISEMENTS

La kornerupine n'était connue que dans les schistes cristallins du Groenland à l'état de baguettes bacillaires opaques, et sa variété la *prismatine* que dans la granulite de Saxe, quand je l'ai trouvée [64] sous une forme nouvelle, à l'état transparent, parmi des minéraux recueillis à une vingtaine de kilomètres à l'Est d'Itrongay que m'avait communiqués le capitaine Marabail.

Elle forme à la surface du sol des fragments isolés de toute gangue, limpides, pouvant atteindre 4 centimètres. Je n'ai observé que dans un seul fragment une inclusion d'un mica blanc. Il est probable que la kornerupine et la saphirine qui l'accompagne proviennent de quelque pegmatite plutôt que des gneiss.

Une première analyse, faite par M. Pisani, avait donné les résultats reproduits en *a*) ; mais après la constatation du bore faite par M. de Gramont, à l'aide de sa méthode spectroscopique des sels fondus, une nouvelle analyse *b*) a été effectuée par M. Raoult ; c'est elle qui nous a servi [92 *bis*] à calculer la formule donnée plus haut.

Je donne comme comparaison l'analyse *c*) de la kornerupine de Fiskernäs, par

J. Lorenzen (*Meddel. om. Grönland. Kopenhagen*, t. VII, 1884, p. 19), *d*) de la *prismatine* de Waldheim (Saxe), par A. Sauer (*Zeitsch. d. d. geol. Gesell.*, t. XXXVIII, 1886, p. 704). Bien que ces analyses n'indiquent pas de B^2O^3, nous avons pu montrer, qualitativement M. de Gramont et moi, que ces minéraux en renferment, aussi bien que la kornerupine malgache.

	a	*b*	*c*	*d*
SiO^2	31,35	31,09	30,90	30,89
Al^2O^3.	41,20	38,17	46,79	43,06
B^2O^3.	n. d.	3,59	»	»
Fe^2O^3.	2,27	2,02	2,02	»
FeO.	»	0,73	»	6,28
MgO	23,80	22,51	19,46	15,08
CaO.	»	0,51	»	»
Na^2O.	0,60	1,36	»	2,04
K^2O.	0,24	0,08	»	0,79
H^2O.	0,64	0,10	1,30	1,36
	100,10	100,16	100,47	99,50
		3,27	3,23	3,34

Les indices suivants ont été mesurés sur la kornerupine d'Itrongay.

$n_g = 1,6770$; $n_m = 1,6766$; $n_p = 1,6650$; $2E = 33°$ (Itrongay) (Na).

STAUROTIDE

$Si^{11}O^{66}(Al, Fe)^{24}(Fe, Mg)^6H^4$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0,47234 : 1 : 0,68036$. Macle rectangulaire suivant $e^{2/3}$ (032) (*pierre de croix*) (fig. 292) ; macle à 60° suivant ($b^1 b^{1/5} g^{1/2}$) (23$\bar{2}$) (fig. 293). Clivage net suivant g^1 (010), traces suivant m (110). Cassure conchoïdale.

Dureté. 7 à 7,5. *Densité.* 3,4 à 3,8.

Propriétés optiques. Brun rouge à brun noir. Éclat vitreux à résineux. Translucide à transparente en lames minces.

Optiquement positive; plan des axes optiques parallèle à h^1 (100); bissectrice aiguë parallèle à p ; $n_g = 1,746$; $n_m = 1,741$; $n_p = 1,736$; $2V = 88$ à 90°. Polychroïque dans les teintes jaunes, avec maximum suivant n_g.

Propriétés chimiques. La formule donnée plus haut représente la composition de la staurotide la plus pure; ce minéral est souvent souillé par une grande quantité d'inclusions de nature diverse.

Infusible au chalumeau. Très difficilement attaquée par SO^4H^2 seulement.

Diagnostic. Les formes et les macles de la staurotide sont caractéristiques ; en leur absence, la forte densité et le polychroïsme, dans les teintes jaunes, permettent d'établir le diagnostic du minéral.

GISEMENTS

La staurotide est un minéral des schistes cristallins et des sédiments argileux métamorphiques. Je ne l'ai observée nulle part en place à Madagascar, mais je l'ai rencontrée dans quelques alluvions aurifères de la région côtière de l'Est, toujours accompagnée de disthène, qui, lui, provient certainement des micaschistes, où il est connu *in situ*.

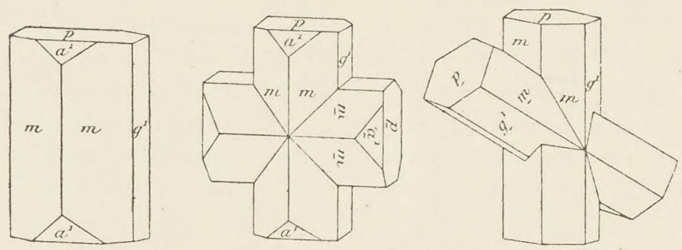


FIG. 291 à 293. — Staurotide. Formes et macles communes.

Dans les alluvions de la Saka (affluent du Mananjary), la staurotide forme quelquefois de petits cristaux nets d'un brun rouge, rarement maclés (fig. 291 à 293) ; dans ceux de la Volotarana (affluent de l'Ivoloina), elle ne se trouve qu'en fragments informes d'un brun presque noir très spécial.

J'ai reçu de M. Rossi un gros cristal, à faces brillantes (m, g^1), de staurotide, recueilli dans les alluvions de la Manantsahala ; sa couleur d'un brun rouge est semblable à celle de l'almandin qui l'accompagne.

BITYITE

$Si^{21}O^{122}Al^{32}(Ca, Gl, Mg)^{14}(Li, Na, K)^8H^{28}$.

Propriétés cristallographiques. Pseudohexagonale. Clivage facile suivant a^1 (0001).

Dureté. 5,5. *Densité.* 3,05.

Propriétés optiques. Incolore, blanche ou jaunâtre. Transparente ou translucide. Éclat nacré sur les lames de clivage. Optiquement négative ; l'examen en lumière polarisée parallèle d'une lame basique montre que celle-ci se divise en six secteurs perpendiculaires à la bissectrice aiguë, avec axes peu écartés ; chaque secteur renferme de fines macles polysynthétiques s'éteignant à 30° de part et d'autre de la ligne de macle. L'écartement des axes est faible et devient localement nul par suite d'entrecroisements. Les indices de réfraction sont compris entre 1,64 et 1,62.

Propriétés chimiques. La formule donnée plus haut est celle qu'il est possible de déduire de l'analyse ci-dessous.

Au chalumeau, fond facilement en un verre bulleux et opaque, en colorant la flamme en rouge.

Inattaquable par les acides.

Diagnostic. Les propriétés optiques d'une lame de clivage font distinguer la bityite de la prehnite, des micas et de la manandonite; en outre, ses lames ne sont pas flexibles.

GISEMENTS

Pegmatites. — Depuis l'époque où j'ai décrit ce minéral [37], d'après des échantillons provenant des druses de la pegmatite sodo-lithique de Maharitra, il n'a été rencontré dans aucun autre gisement. A Maharitra même il n'existait que dans les cryptes à cristaux des filons situés à environ 300 mètres au Nord de la carrière du centre. Au moment de l'exploitation de cette carrière il a dû être assez abondant, mais il est actuellement impossible d'en recueillir, même des morceaux médiocres dans les déblais. Le premier échantillon que j'ai étudié m'a été remis par M. Mouneyres ; j'ai trouvé les autres dans l'ancien toby de Maharitra parmi des blocs mis en réserve par les derniers exploitants.

On peut y distinguer trois variétés :

Type I. — Cristaux un peu allongés suivant l'axe vertical, recouvrant d'ordinaire des prismes de tourmaline rosâtre ou englobés, avec albite et rubellite, dans des agrégats de petites lamelles de lépidolite ; dans ce dernier cas les cristaux de bityite ont la forme de barillets.

Type II. — Cristaux aplatis suivant la base et mesurant jusqu'à 3 millimètres suivant un axe binaire et 1 millimètre seulement d'épaisseur. Ils sont d'un jaune clair et recouvrent d'ordinaire des cristaux de quartz (Pl. 18, fig. 4, grandeur naturelle et fig. 3), ou de rubellite. Ils sont quelquefois emprisonnés dans le quartz, lorsque celui-ci est encapuchonné.

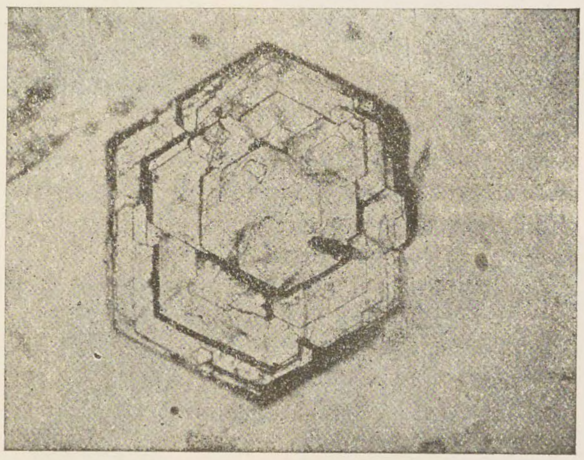


Fig. 294. — Bityite. Type III. Maharitra.

Des cristaux plus petits forment aussi des agrégats qu'au premier abord l'on pourrait prendre pour de la prehnite. La figure 6 de la planche 18 représente un cristal de tourmaline complètement recouvert par une chemise de petits cristaux de bityite.

Type III. — Une dernière variété est lamellaire suivant la base (fig. 294) ; les cristaux, souvent empilés, ont une tendance à former des rosettes, des groupe-

ments étoilés qui rappellent ceux de la glace. Cette variété s'est produite dans la phase de corrosion de la pegmatite ; elle se trouve au milieu des buissons de petites aiguilles de rubellite, et aussi dans les cavités des squelettes de microcline albitisé. Quelquefois elle forme des rosettes à la surface de ce minéral.

Enfin c'est cette même variété que j'ai rencontrée, disposée régulièrement au milieu de grands cristaux de calcite, de telle sorte que l'axe ternaire et les axes binaires des deux minéraux coïncident. Quand on dissout la calcite dans un acide, on constate que ces lamelles de bityite sont couvertes de très fines aiguilles de rubellite presque incolore.

L'analyse suivante faite par M. Pisani est celle qui m'a servi à établir cette espèce.

SiO^2	31,95
Al^2O^3	41,75
CaO	14,30
GlO	2,27
MgO	0,13
Li^2O	2,73
Na^2O	0,40
K^2O	0,16
H^2O	6,50
	100,19

CALAMINE

$SiO^3(Zn\ OH)^2$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique, hémimorphe. $a : b : c = 0{,}77828 : 1 : 0{,}47636$; $mm = 104°13'$; $p^1 a^{1/2} = 129°14'$. Clivages : parfaits suivant m (110), faciles suivant a^1 (101), difficiles suivant p (001).

Dureté. 5. Fragile. *Densité.* 3,35 à 3,5.

Propriétés optiques. Incolore, parfois colorée en jaune, en brun, en bleu ou en vert par des impuretés. Éclat vitreux, adamantin suivant g^1.

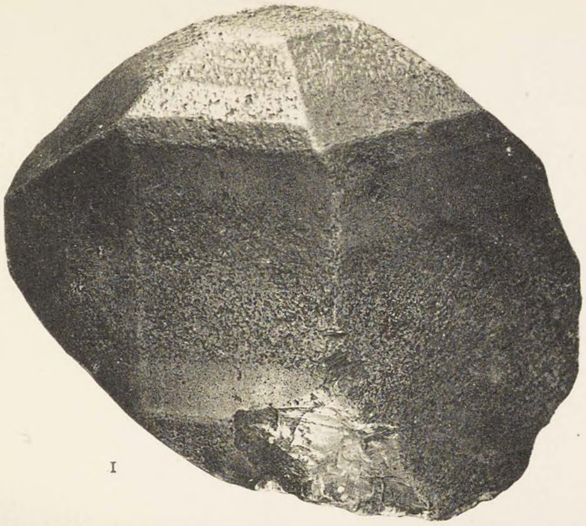
Optiquement positive, plan des axes optiques parallèle à h^1 (100); bissectrice aiguë normale à p; très forte dispersion $\rho > v$. $n_g = 1{,}635$; $n_m = 1{,}618$; $n_p = 1{,}615$.

Propriétés chimiques. La composition théorique est SiO^2 25,0; ZnO 67,5; H^2O 7,5; l'eau est basique, elle ne part qu'au rouge.

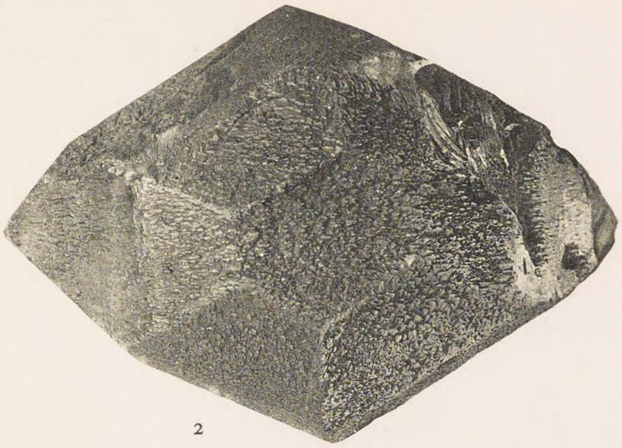
Au chalumeau, gonfle, devient lumineuse et fond difficilement. Chauffée au feu oxydant avec le nitrate de cobalt devient verte (réaction du zinc).

Soluble dans les acides en faisant gelée.

Diagnostic. L'hémimorphisme des cristaux, leur éclat nacré suivant g^1, les propriétés optiques et les réactions du zinc constituent les caractéristiques du minéral.



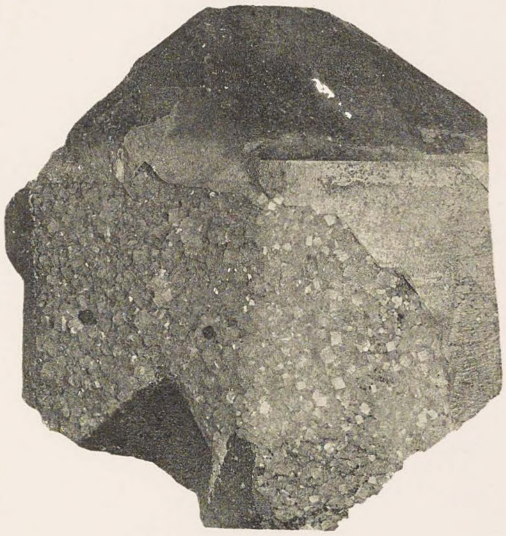
1



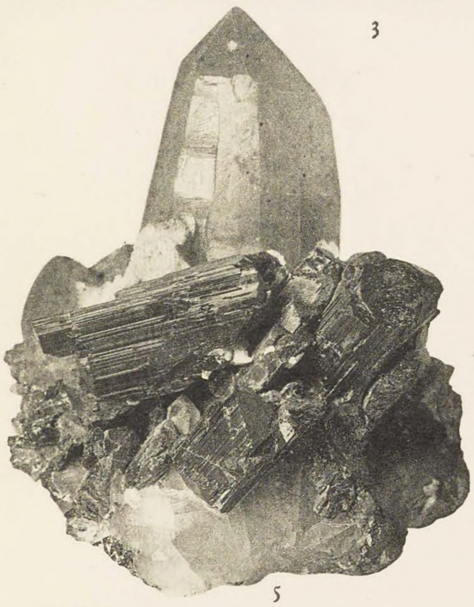
2



3



4



5



6



7

Clichés Fallou Imp. Catala frères, Paris.

Topaze ; Mont Bemainandro (fig. 1 et 2). — ***Bityite*** ; Maharitra (fig. 3 et 4). — ***Bityite*** encapuchonnant tourmaline ; Maharitra (fig. 6). — ***Tourmaline et quartz*** ; Ambalaroy (fig. 5). — ***Tourmaline polychrome*** ; ***Anjanabonoina*** (fig. 7).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

GISEMENTS

Je n'ai rencontré la calamine à Madagascar que dans la fouille de plomb d'Ampiadiambato, au Nord d'Ambatofangehana ; elle s'y trouve dans des concrétions, surtout constituées par de la smithsonite ; çà et là, se voient quelques géodes que tapissent de petits cristaux transparents, incolores, de calamine. Localement groupés en agrégats fibreux, ils sont pauvres en formes et montrent seulement la face d'aplatissement g^1, avec *m* (110), *p* (001), e^1 (011), a^1 (101).

DUMORTIÉRITE

$Si^3O^{18}(Al,B)^8$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $mm = 124°$ environ. Macle suivant *m* (110). Clivages difficiles suivant *m* et h^1 (100).

Dureté. 7. *Densité.* 3,36.

Propriétés optiques. Bleu cobalt, bleu de lin, rose. Éclat vitreux, soyeux dans les variétés fibreuses.

Optiquement négative, plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë parallèle à *c*. $2V = 35°40'$. Forte dispersion $\rho < v$. Polychroïsme intense, n_g et n_m = incolore, n_p = bleu cobalt.

Propriétés chimiques. La formule $Si^3O^{18}(Al, B)^8$ ou $3SiO^2 4Al^2O^3$ correspond à la composition théorique SiO^2 30,6 ; Al^2O^3 69,4, dans laquelle une petite quantité d'Al^2O^3 est remplacée par B^2O^3.

Infusible, perd sa couleur à la suite d'une forte calcination ; les autres propriétés sont celles de la sillimanite.

Diagnostic. La coloration et le polychroïsme sont caractéristiques et permettent de distinguer la dumortiérite des amphiboles bleues dont, en outre, l'extinction n'est pas longitudinale.

GISEMENTS

J'ai trouvé ce minéral parmi les échantillons recueillis par M. Battini aux environs de Soavina, à 25 kilomètres Nord d'Ambatofinandrahana. Ils sont de deux sortes.

Un quartzite renferme, à l'état disséminé, ou en petites masses, de la dumortiérite fibreuse et soyeuse d'un centimètre d'épaisseur. Cette variété constitue les plus beaux échantillons de ce minéral que je connaisse. Les fibres sont d'un bleu

lavande, mais, examinées par transparence au microscope, elles montrent une coloration d'un bleu cobalt intense suivant leur allongement, identique à celle de la dumortiérite du gisement originel de Beaunan, près de Lyon. La densité du minéral purifié est de 3,28.

La seconde roche est un quartzite à disthène incolore, renfermant par places de petits grains de lazulite d'un bleu clair très vif, disséminés dans du quartz coloré en rose violacé par de fines aiguilles de dumortiérite. Au microscope, celles-ci apparaissent en lames très minces avec une teinte jaunâtre suivant leur allongement. Par sa couleur et la nature de son gisement, cette dumortiérite rappelle celle de Dehesa (San Diego Cy). Dans cette localité californienne, que j'ai visitée moi-même, la dumortiérite m'a paru être un minéral de contact du granite[1].

L'analyse *a*) a été faite par M. Raoult sur la variété bleue soigneusement purifiée par les liqueurs denses et par un traitement à l'acide chlorhydrique. Comme comparaison, je donne les analyses de la dumortiérite; *b*) rose de Dehesa, par M. Schaller[2]; *c*) de Clip (Arizona); *d*) de New-York City, toutes deux par M. Ford[3] et enfin *e*) du Skamania Cy (Washington), par M. Schaller.

	a	*b*	*c*	*d*	*e*
SiO^2	30,34	28,68	29,86	31,24	28,51
Al^2O^3	61,24	63,31	63,56	61,26	59,75
Ti^2O^3	0,59	1,45	»	»	0,95
Fe^2O^3	0,71	0,23	0,23	0,10	2,48
B^2O^3	5,00	5,37	5,26	6,14	5,54
FeO	0,29	»	»	»	»
MgO	0,18	»	»	»	»
CaO	0,36	»	»	»	0,68
Na^2O	0,18	»	»	»	»
K^2O	0,05	»	»	»	»
H^2O	1,29	1,52	1,41	2,07	2,12
	100,23	100,56	100,32	100,83	100,03

Dans la description originelle de la dumortiérite de Beaunan, Damour[4] s'était demandé si sa belle coloration bleue n'était pas due à du titane (Ti^2O^3). M. Schaller

1. Cette opinion n'est pas celle qu'a exprimée M. Schaller dans la note à laquelle il est fait allusion ci-contre. Il a décrit la roche en question comme un dyke dans le granite dont une partie, à grain plus fin, est essentiellement constituée de quartz et de sillimanite et une autre, à grain plus gros, est formée de quartz et de dumortiérite, avec un peu de muscovite, sillimanite, rutile, corindon, zircon, apatite. Il me paraît plus vraisemblable qu'il s'agit là d'un lambeau de quartzite pincé dans le granite et métamorphisé par lui : cette roche aurait donc la même origine que celle décrite ici.

2. *Bull. n° 262, United States geol. Survey*, 1905, p. 91-120.

3. *Amer. Journ. Science*, t. 14, 1902, p. 426.

4. L'acide borique n'avait pas été reconnu par Damour qui avait trouvé : SiO^2 29,85 : Al^2O^3 66,02 Fe^2O^3 1,01, MgO 0,45, p. feu 2,25 = 99,58 (*Bul. soc. minér. France*, t. IV, 1881, p. 6).

n'ayant pas trouvé de titane dans la dumortiérite bleue des gisements américains analysés et ayant rencontré d'autre part une proportion importante de ce corps dans la dumortiérite rose en a conclu que cette dernière couleur seule était due au titane. La présence d'une quantité notable de ce corps dans la dumortiérite malgache d'un bleu foncé montre que cette hypothèse n'est pas justifiée.

Dans les trois gisements américains, la dumortiérite est associée au quartz, à la muscovite et à un silicate d'alumine ; celui-ci est le disthène dans l'Arizona, la sillimanite en Californie, l'andalousite en Washington. L'association à la lazulite observée dans le gisement malgache n'avait pas encore été rencontrée.

ANDALOUSITE

SiO^5Al^2.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a:b:c = 0{,}98613:1:0{,}70238$; $mm = 90°48'$; $e^1 e^1$, $s \cdot p = 109°50'$. Clivages faciles suivant m (110); traces suivant h^1 (100) et g^1 (010).

Dureté. 7. *Densité.* 3,1 à 3,2.

Propriétés optiques. Rose clair à incolore, blanche, rarement verte (variété manganésifère) ; l'andalousite des schistes argileux (*chiastolite*) possède des inclusions charbonneuses, géométriquement distribuées. Éclat vitreux.

Optiquement négative, plan des axes optiques parallèle à g^1. Bissectrice aiguë normale à p ; $n_g = 1{,}643$; $n_m = 1{,}638$; $n_p = 1{,}632$; $2V = 83°35'$. Les variétés colorées sont polychroïques, avec maximum d'absorption suivant n_p.

Propriétés chimiques. La composition théorique est SiO^2 36,8 ; Al^2O^3 63,2.

Infusible. Inattaquable par les acides.

Diagnostic. Les deux clivages prismatiques voisins de 90°, la couleur, les propriétés optiques et la densité sont caractéristiques de ce minéral.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Pegmatites. — L'andalousite est peu fréquente à Madagascar. Je l'ai rencontrée dans la pegmatite à grandidiérite d'Andrahomana. Elle n'y forme que des cristaux microscopiques, mais ils présentent une particularité intéressante : les sections parallèles à l'axe vertical montrent la distribution singulière de la

coloration rose que représente la figure 295. Le centre rose est entouré d'une bordure incolore. Cette disposition fait penser à un hémimorphisme possible du minéral, mais je n'ai pu le mettre en évidence par les procédés ordinaires.



FIG. 295. — Andalousite d'Andrahomana. (Lame mince vue en lumière naturelle).

Roches métamorphiques.

Contacts granitiques. — Les schistes carburés de deux régions de l'île éloignées l'une de l'autre ont fourni, non en place, des échantillons contenant de petits prismes rectangulaires de chiastolite, entièrement transformés en muscovite (damourite). Il s'agit là de sédiments métamorphisés sous l'action du granite.

L'un de ces échantillons, signalé déjà par Baron, a été trouvé dans une rivière entre Mahavelona et Andranovelona (baie d'Antongil). Les autres ont été recueillis dans la région du Bemahazembina, à l'Est de Laondany, et plus au Sud, à l'Ouest d'Andohatsindra.

Dans les schistes intercalés au milieu des calcaires métamorphiques de cette dernière localité, se trouvent en outre de gros cristaux gris d'andalousite de 1 à 2 centimètres ($p\ m$), qui rappellent ceux de l'Ariège et de Lisens (Tyrol); ils sont associés à des lames de muscovite. Eux aussi sont entièrement transformés en fines paillettes de damourite.

SILLIMANITE

SiO^5Al^2.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0{,}9696 : 1 : 0{,}7046$; $mm = 91°46'$. Clivage h^1 (100) très facile. Cassure inégale.

Dureté. 6 à 7. *Densité*. 3,17 à 3,23 (cristaux).

Propriétés optiques. Incolore, parfois colorée en brun par des inclusions de mica. Éclat nacré très éclatant sur le clivage. Éclat vitreux dans les autres directions. Transparente en lames minces.

Optiquement positive, plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë parallèle à c. $n_g = 1{,}680$; $n_m = 1{,}661$; $n_p = 1{,}659$. $2E = 34°$ à $58°$.

Propriétés chimiques. Comme *andalousite*.

Diagnostic. Le clivage, à éclat nacré, se distingue de celui du disthène en ce qu'il est unique et qu'il présente en lumière polarisée une extinction longitudinale. La variété *fibrolite,* formée par l'enchevêtrement de fines aiguilles de sillimanite, se distingue des amphiboles blanches monocliniques (*jade,* etc.) de même structure par sa densité et sa tenacité plus grande, par ses propriétés optiques, enfin par son infusibilité, de l'anthophyllite par l'existence d'un seul clivage.

GISEMENTS

Schistes cristallins.

Micaschistes et quartzites. — Les micaschistes et les quartzites présentent très fréquemment ce minéral avec son éclat habituel, un peu soyeux quand il est frais, mais cet éclat disparaît lorsque la roche est altérée ; dans ce cas la sillimanite forme de petites fibres ternes au milieu de la terre rouge, provenant de la décomposition de la biotite et du grenat almandin qui l'accompagnent souvent. Ces roches constituent en grande partie le *vatodidy* des Malgaches.

Il n'est pas rare de trouver au milieu de ces micaschistes des nodules très tenaces, uniquement formés par des aiguilles enchevêtrées de sillimanite qui ressemblent beaucoup alors à la *fibrolite* de la vallée de l'Allier. A ma connaissance tout au moins, il ne semble pas que les anciens habitants de l'île aient utilisé ce minéral pour fabriquer leurs armes, comme l'ont fait les peuplades du Néolithique européen.

Voici quelques gisements cités comme exemple : Au Sud de Mandritsara, Marotandrano, près du pied Nord du mont Ambiniviny ; le Nord-Est de la vallée de la Farariana dans la région de Fénérive (avec almandin) ; la colline de l'Observatoire et le Fort Duchesne, à Tananarive ; les monts Ambohimanoa, Ambohimiangara et Karaoka ; le mont Berivotra près Tsinjoarivo [blocs de fibrolite pesant jusqu'à 40 kilogrammes, épars à la surface des micaschistes (M. Dropsy)] ; Ambatodidy sur la rive droite de la Sahatorendrika ; dans le Betsiriry, le ruisseau Belafika, près Miandrivazo (fibrolite compacte avec çà et là des cristaux clivables), etc.

La sillimanite se trouve aussi en fibres groupées parallèlement dans les lits de quartz des micaschistes auxquels elle donne une texture fibreuse (Mitody, affluent du Mangoky, Volonandrongo, etc.).

Gneiss. — La sillimanite, en petits prismes nets, à clivages brillants, abonde dans certains gneiss de l'Androy (Bekily, Tsiombe) et dans les leptynites de la même région ; c'est probablement d'un accident de ces roches que provient une curieuse roche formée par un mélange de spinelle (pléonaste) et de sillimanite à clivages nacrés très nets qui a été trouvée au bas du col d'Eminiminy. On verra Tome II

dans la description des gneiss à sillimanite celle de nombreuses roches de ce genre, avec baguettes clivables de ce silicate qui sont surtout abondantes sur la Sakalalina, entre Zazafotsy et Amboanana ; à l'Est de Betroka ; à Antafiamalama, sur la Menarandra, etc. Le grenat, la cordiérite, la magnétite y sont des satellites habituels de la sillimanite.

Roches éruptives.

Granites, etc. — La sillimanite paraît peu abondante dans le granite et dans la pegmatite ; je l'ai observée cependant, associée à la grandidiérite et à l'almandin, dans la pegmatite de la falaise d'Andrahomana, ainsi que dans les veines de quartz à cordiérite intercalées dans les micaschistes du mont Tsilaizina (massif du mont Bity).

M. Giraud m'a remis un échantillon de magnétite provenant d'un filon de quartz à tourmaline qui traverse les gneiss d'Ampasimainty, au Sud de Betroka. Il renferme, dans des lits parallèles, des aiguilles de sillimanite, localement enveloppées par la magnétite, des cristaux de corindon et du spinelle vert, mais ce dernier minéral n'est visible qu'avec le secours du microscope.

Contact des granites.

Je renvoie au tome II pour la description des phénomènes de contact du granite, me contentant de rappeler ici que, non seulement la sillimanite s'y développe dans des micaschistes qui ne diffèrent en rien de ceux dont il est question dans l'un des paragraphes précédents, mais encore (Anjomakely, Fanovana, Ambodilaza, cf. page 251), dans les veines syénitiques à corindon qui résultent de la transformation endomorphe des apophyses granitiques injectées dans ces micaschistes ; cette sillimanite, visible à l'œil nu, est englobée pœcilitiquement par le microcline.

Les gros cristaux de corindon sont souvent entourés par une croûte périphérique de fibres blanches de sillimanite ; il s'agit là d'une véritable épigénie incomplète. Des échantillons de ce genre peuvent être recueillis dans presque tous les gisements cités à l'article *corindon ;* j'en ai vu de particulièrement beaux provenant d'Ambohimilemaka, au Nord du Vontovorona et j'en ai recueilli dans les alluvions de l'Ifempina (Pl. 10, fig. 10).

Alluvions. — Des masses de fibrolite, plus ou moins roulées, se rencontrent très fréquemment dans les alluvions et leurs menus débris se retrouvent dans les fonds de batée : Volotarana (affluent de l'Ivoloina) ; région de Betroka, etc. Elles proviennent de la destruction des roches précédentes.

DISTHÈNE

SiO^5Al^2.

Propriétés cristallographiques. Triclinique. $a : b : c = 0,89912 : 1 : 0,69677$; $xy = 106°1'$; $yz = 90°23'$; $zx = 100°18'$. Macles avec h^1 pour plan d'assemblage et axe de rotation perpendiculaire à h^1 ou parallèle à ph^1 ou à $h^1\ g^1$. Macles secondaires microscopiques suivant p (001) ou $a^{8/3}$ ($\bar{3}$08), accompagnées de plans de séparation. Les cristaux sont souvent tordus. Clivages : lamellaire suivant h^1 (100), moins facile suivant g^1 (010), à peine distincts suivant e^1 (0$\bar{1}$1).

Dureté. 4 à 5 dans h^1, parallèlement à l'axe vertical, 6 à 7 dans une direction perpendiculaire, 7 sur les autres faces. *Densité.* 3,5 à 3,7.

Propriétés optiques. Incolore, blanc, jaune, vert, brunâtre et surtout bleu; la couleur est inégalement distribuée. Éclat nacré sur les clivages h^1, vitreux sur g^1. Transparent ou translucide.

Optiquement négatif, bissectrice aiguë perpendiculaire à h^1 ; dans cette face, la trace du plan des axes fait 30° avec c. $n_g = 1,728$; $n_m = 1,720$; $n_p = 1,712$; $2V = 82$ à 84°.

Les cristaux épais sont polychroïques, avec maximum d'absorption suivant n_g.

Propriétés chimiques. Comme *andalousite*.

Diagnostic. Les clivages et les propriétés optiques des lames clivées suivant h^1 sont caractéristiques de ce minéral.

GISEMSNET

Schistes cristallins.

Micaschistes. — Le gisement de disthène le plus anciennement connu à Madagascar est celui de Soanierana près Ivongo, vis-à-vis l'île Sainte-Marie. Je l'ai signalé en 1893 [26], d'après des échantillons recueillis par Catat ; il a été cité ensuite par Baron[1] [109], puis, plus récemment, par Max Bauer [114]. Le disthène forme, dans un micaschiste à biotite et dans des gneiss micaschisteux à deux micas, des cristaux de 5 à 6 centimètres de longueur; ils sont translucides, blancs tachetés de bleu ou bleus; j'y ai rencontré les diverses macles suivant h^1 (100), avec prédominance de celle qui a ph^1 pour axe de rotation; elles sont accompagnées aussi de macles suivant p (001). Entre Soanierana et Mananatafa, (Manankatafa), le disthène est blanc ou incolore.

Je dois à M. Véron des échantillons d'un micaschiste à disthène vert clair, recueillis dans le bassin de la Volotarana, affluent de l'Ivoloina; il existe des roches analogues (disthène bleu en cristaux de plusieurs centimètres) dans la vallée de la Manantsahala, affluent de la Matsiatra.

1. Baron avait signalé en 1889 [109] l'existence d'un micaschiste à disthène dans la province de l'Imerina, sans indication plus précise.; il est probable qu'il s'agissait là du gisement dont il est question ici, car dans ses travaux ultérieurs, Baron n'a plus cité l'Imerina.

Le gisement aurifère du ruisseau Beranorano, au Sud-Ouest de Tsimbolovolo, renferme une roche exclusivement constituée par du disthène coloré en jaune par de la limonite et imprégnée çà et là par de l'or natif; c'est une association minéralogique sans précédent.

J'ai signalé antérieurement [54] une curieuse roche provenant d'Ambohimanjaka, à l'Est-Nord-Est de Betafo; elle est essentiellement constituée par du disthène blanc, lamelleux, avec de la lazulite d'un bleu foncé et divers autres minéraux. Ce gisement ressemble beaucoup à celui d'Hörrsjöberg en Suède. Dans la même région, mais à 20 kilomètres au Sud de Betafo, à Andranomilevina, du disthène vert est associé à un peu de lazulite dans un micaschiste très schisteux.

Enfin près de Tsaravina, dans la région de Mahanoro, se rencontre une roche magnifique formée en proportions à peu près égales de disthène bleu très vif translucide, d'almandin rouge et de quartz, avec quelques paillettes de graphite, des grains d'ilménite et de pyrite.

Granite endomorphisé. — J'ai rencontré de petits cristaux bleus de disthène, associés à la sillimanite et au corindon rouge dans la roche granitique endormorphisée de Fanovana (voir page 251).

Veines de quartz. — Je rapporte à ce type de gisement toute une série d'échantillons que j'ai étudiés sans les avoir recueillis moi-même; ils proviennent des régions de schistes cristallins et sont si analogues à ceux que l'on trouve en Bretagne dans les veines quartzeuses intercalées dans des roches métamorphiques ou les traversant, que mon hypothèse est des plus vraisemblables.

Tel est le cas du disthène lamellaire blanc, associé à du graphite (disposé entre ses clivages) que M. Véron a recueilli au Sud-Est du village de Vohitrandriana, sur la lisière occidentale de la forêt de Manohandrivotra, dans la vallée de l'Ifontsy. De longs cristaux bleuâtres formant, avec quartz, des agrégats très fragiles se trouvent à Sahafoza dans la même vallée Au mont Vohiratsiody, sur la Mania, des masses de disthène bleu renfermant de la magnétite se trouvent dans une région contenant des quartzites. A signaler des cristaux de 5 à 6 centimètres recueillis par M. Rossi près de la rivière Manambaroa, au Sud-Ouest de Midongy de l'Ouest. Le disthène bleu existe aussi au mont Ambatotelo, à 10 kilomètres Ouest d'Ilaka, dans un filon quartzeux traversant des schistes ardoisiers et des quartzites (échantillon communiqué par M. Thomas); le même gisement renferme aussi de la lazulite, mais je n'ai pas vu les deux minéraux associés dans les mêmes échantillons. Je dois à M. Bégué un magnifique spécimen de disthène bleu en lames de

12 centimètres de longueur, associées à du quartz ; il provient d'Ambinanindrano, près de Mahanoro.

C'est probablement encore au même genre de gisement qu'il faut rapporter des cristaux de 8 centimètres de longueur recueillis dans la terre rouge aux environs de Betroka ; ils sont parfois groupés en gerbes, ils ont alors des faces nettes h^1 (100), g^1 (010), m ($\bar{1}10$), t (110) ; tous ceux que j'ai examinés sont dépourvus de gangue.

Enfin M. Perrier de la Bathie m'a communiqué des cristaux analogues dont la couleur bleue passe au vert et qui ont été ramassés dans une région de schistes cristallins sur les bords de la Mananjeby, entre Ambakirano et Andrahara.

Alluvions.

Cette abondance de gisements de disthène explique celle de ce minéral dans beaucoup d'alluvions aurifères. Dans quelques-unes d'entre elles, les gisements en place originels sont connus, tel est le cas par exemple de la Volotarana, mais il en est d'autres (alluvions de la Saka par exemple) dans lesquelles l'origine du minéral reste à découvrir.

Un gisement intéressant est celui d'Ambodiriana sur l'Ivoloina ; il a fourni à M. Dreyfus, qui me les a communiqués, des cristaux roulés ayant jusqu'à 6 centimètres de longueur ; les uns sont bleus et zonés ou blancs, les autres d'un beau vert ; ils sont parfois assez transparents.

TOPAZE

$SiO^4[Al(F, OH)]^2$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique, hémimorphe. $a : b : c = 0{,}52854 : 1 : 0{,}95395$. Clivages : parfait suivant p (001), à peine distinct suivant a^1 (101) et e^1 (011). Cassure conchoïdale et inégale.

Dureté. 8. *Densité.* 3,3 (topaze hydroxylée) à 3,6 (topaze fluorée).

Propriétés optiques. Incolore, bleue, jaune, verte, etc. Éclat vitreux. Poussière blanche.

Optiquement positive, plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë perpendiculaire à p ; 2E variable (126° à 84°), diminuant quand la teneur en fluor s'abaisse et qu'augmente la proportion de OH ; en même temps la biréfringence et la densité s'abaissent et la réfringence augmente.

Propriétés chimiques. Dans la formule donnée plus haut, le rapport F : OH est variable. Infu-

sible au chalumeau; chauffée dans un tube ouvert, avec le sel de phosphore, corrode le verre (fluor). Inattaquable par les acides.

Diagnostic. La dureté, le clivage et les propriétés optiques de celui-ci sont caractéristiques de ce minéral.

GISEMENTS

Pegmatites potassiques. — La topaze ne se trouve qu'exceptionnellement en place dans quelques pegmatites à muscovite. A Ampangabe, je l'ai vue en cristaux indistincts, incolores ou d'un blanc rosé, mélangés à des lames de muscovite ne dépassant pas 3 centimètres de diamètre. Dans le gisement voisin de Sahamandrevo, elle se présente avec le même aspect; mais dans un échantillon que je dois à M. Moiret, se distinguent des faces prismatiques très corrodées, cannelées verticalement; on a trouvé dans ce gisement de gros cristaux limpides, jaunes ou rosés, présentant des formes nettes dans la zone verticale (m, g^3, g^1), mais sans terminaisons distinctes. Il s'agit d'une topaze du type fluoré (densité 3,605) comme pour les autres topazes malgaches.

n_g	n_p	2E (mes.)
1,6163	1,6158	120°6′ à 121°15′
1,6248	1,6242	

Les cristaux des gisements précédents sont d'ordinaire très fendillés mais, dans les alluvions aurifères de l'Ifempina et dans celles de la Saka, se trouvent d'énormes cristaux arrondis et roulés, sans formes distinctes, dont quelques-uns pèsent plus de 500 grammes. Ils sont d'une limpidité parfaite, tantôt incolores, tantôt légèrement bleutés. Ils ressemblent à la topaze « goutte d'eau » du Brésil et, comme elle, sont parfois très riches en inclusions liquides, à bulle constituée par un carbure d'hydrogène (*brewsterlinite*). Je dois la connaissance du gisement d'Ifempina à M. Gaffori qui m'y a fait recueillir de petits échantillons dans son lavage aurifère.

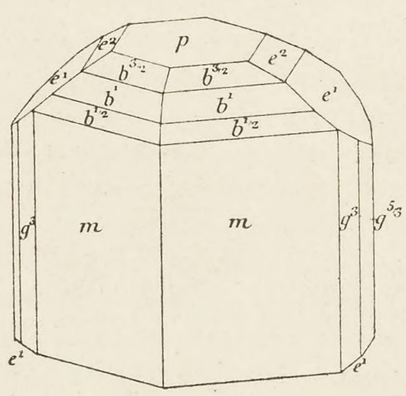


Fig. 296. — Topaze du mont Bemainandro.

J'ai trouvé aussi la topaze sous la même forme, dans les alluvions de la Belambo, mais seulement en petits grains, ne pesant que quelques centigrammes.

Enfin, j'ai reçu de M. Rossi un magnifique cristal non roulé, trouvé dans les éluvions du versant septentrional du mont Bemainandro, à l'Ouest de Midongy de l'Ouest; ce cristal (fig. 296), qui a le facies de ceux de Mursinska dans l'Oural, mesure $7 \times 8 \times 5^{cm},5$. Il est incolore et parfaitement limpide; il présente les formes m

(110), g^3 (120), $g^{5/3}$ (140) (très réduit), p (001), $b^{3/4}$ (223), b^1 (112), $b^{1/2}$ (111), e^2 (012), e^1 (011). Toutes les faces sont ternes ou corrodées, à l'exception des faces prismatiques antérieures qui sont très brillantes, de même que deux faces inférieures de dômes. Ce cristal provient certainement d'une druse de pegmatite ; il n'en a pas été trouvé d'autres ; les figures 1 et 2 de la planche 18 représentent sa photographie à peu près en grandeur naturelle.

On trouvera dans le Supplément terminant le tome II la description de beaux cristaux incolores drusiques de topaze provenant de la pegmatite : Amazonite d'Andriamena dont j'ai eu connaissance au moment du tirage de cette feuille.

GROUPE DES TOURMALINES

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique, hémimorphe. $c = 0{,}4474$; $pp = 133°8'$; $e^1e^1 = 103°1'$; $b^1b^1 = 154°58'$. Ces données ne subissent que de faibles variations, en relation avec la composition chimique. Clivages, très difficiles suivant p et d^1. Cassure inégale ou conchoïdale.

Dureté. 7. *Densité.* Variable avec la composition et l'intensité de la couleur, 2,97 à 3,22.

Propriétés optiques. Couleur extrêmement variable avec la composition chimique : incolore (*achroïte*), jaune, rouge (*rubellite*), bleue (*indicolite*), verte de diverses nuances dans les types lithiques; noire (*schorl*) dans les types ferrifères, brune, noire ou verte, etc., dans ceux riches en magnésie. Éclat vitreux. Transparente ou translucide.

Uniaxe et optiquement négative. La réfringence et la biréfringence varient avec la composition. Il en est de même de l'intensité du polychroïsme, mais le maximum d'absorption s'observe toujours suivant n_g (transversalement à l'allongement des cristaux qui a lieu suivant c).

Propriétés électriques. Pyro- et piézoélectrique. Pendant l'échauffement et la compression, l'extrémité présentant b^1 $(01\bar{1}2)$ prend l'électricité positive (*pôle analogue*) et celle qui porte les faces e^1 $(02\bar{2}1)$ l'électricité négative (*pôle antilogue*). Pendant le refroidissement et la décompression le phénomène est renversé.

Propriétés chimiques. Les tourmalines peuvent être considérées comme le résultat de mélanges isomorphes des trois molécules suivantes :

$$Si^{12}O^{63}B^6Al^{16}Na^4H^8$$
$$Si^{12}O^{63}B^6Al^{10}Fe^{12}H^6$$
$$Si^{12}O^{63}B^6Al^{10}Mg^{12}H^6$$

dans lesquelles une partie de Na peut être remplacée par K et Li, une partie du Fe par Mn et par Ca, une partie d'Al par Cr, du Si par Ti. Il existe en outre un peu de fluor.

Au point de vue chimique, les tourmalines peuvent être divisées en trois groupes.

1° *Tourmalines lithiques.*
2° *Tourmalines ferrifères.*
3° *Tourmalines magnésiennes,*

qui comprennent respectivement les types contenant du lithium, les types les plus ferrifères, les plus magnésiens et non point des types exclusivement lithiques, ferrifères ou magnésiens.

Au chalumeau, les types lithiques sont à peu près infusibles ; ils s'exfolient et deviennent blancs et opaques ; par contre, les tourmalines ferrifères sont plus ou moins fusibles en une scorie noire, brune ou verte : les variétés très magnésiennes fondent en se boursouflant. Fondues avec un mélange de bisulfate de potasse et de fluorine, toutes les tourmalines donnent les réactions de l'acide borique. Toutes sont inattaquables par les acides.

Diagnostic. La forme géométrique et la direction du maximum d'absorption, transversal à l'allongement, ne permettent de confondre la tourmaline avec aucun autre minéral.

Le tableau suivant donne les caractéristiques différentielles des tourmalines entre elles.

	Couleur par transparence et polychroisme.	*Densité.*	n_g	n_p	$n_g - n_p$
Tourmalines lithiques. . . .	polychromes	2,978 à 3,132	1,6507 1,6368	1,6257 1,6200	0,0211 à 0,0157
Tourmalines ferrifères. noires, ferreuses	bleues (n_p) violettes (n_g)	3,122 à 3,220	1,6854 1,6539	1,6515 1,6270	0,0339 à 0,0260
Tourmalines ferrifères. noires, ferriques	brunes (n_p) brunes à vertes (n_g)	3.140 à 3,212	1,692 1,6517	1,657 1,6281	0,0299 à 0,0236
Tourmalines magnésiennes. . .	incolores, vertes, brunes, noires	3,03 à 3,104	1,6536 1,6315	1,6290 1,6123	0,0246 à 0,0192

GISEMENTS

Le tourmalines sont certainement les minéraux les plus abondants des pegmatites de Madagascar[1], et parmi les plus intéressants de l'île.

Elles se rencontrent dans toutes les catégories de pegmatites, mais il faut y distinguer nettement deux types, la tourmaline ferrifère noire et les tourmalines lithiques de couleurs très variées. Les tourmalines magnésiennes se trouvent associées à des roches métamorphiques.

Je n'insisterai ici ni sur l'énumération des localités où ont été rencontrées les tourmalines, ni sur les conditions de leur gisement qui sont étudiées en détail, tome II, dans le chapitre des *pegmatites* ; je ne m'occuperai ici que des propriétés de ces minéraux, en ne citant que les principaux gisements fournissant des cristaux remarquables à quelque égard.

Il est un certain nombre de formes, qui se rencontrent indistinctement dans tous les types de tourmaline. A Madagascar, comme partout ailleurs, celles qui sont

1. Les malgaches appellent la tourmaline noire *vatosanga* (pierre crête) et *vatonomby* les cailloux de quartz contenant de la tourmaline ; dans les carrières de la Sahatany, par une réminiscence de la guerre de conquête, les travailleurs qualifiaient la tourmaline de *sénégal*, par analogie avec la couleur des tirailleurs sénégalais.

affectées par l'hémiédrie sont beaucoup plus nombreuses au pôle antilogue qu'au pôle analogue. Ces formes communes sont les suivantes :

PRISMES

—

$d^1(11\bar{2}0)$
$e^2(10\bar{1}0)$
$k(41\bar{5}0)$

RHOMBOÈDRES

—

Pôle antilogue	Pôle analogue
$a^1(0001)$	$a^1(000\bar{1})$
$p(10\bar{1}1)$	$p(\bar{1}00\bar{1})$
$b^1(01\bar{1}2)$	$b^1(011\bar{2})$
$e^1(02\bar{2}1)$	
$e^{4/3}(07\bar{7}2)$	

SCALÉNOÈDRE

—

$d^2(21\bar{3}1)$

Les cristaux de tourmaline se rapportent à trois facies différents, quand on considère la zone prismatique dont les faces sont souvent striées verticalement.

1° *Type hexagonal,* caractérisé par la prédominance du prisme holoèdre d^1 (fig. 297 et 298).

2° *Type triangulaire,* dont la forme dominante est le prisme hémièdre $^1/_2e^2$ (fig. 299 et 300).

3° *Type cylindroïde*; il n'existe pas de formes distinctes dans la zone verticale

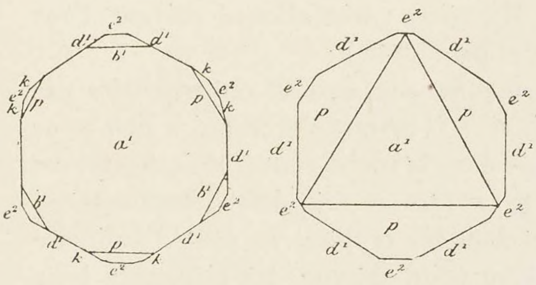


FIG. 297 et 298. — Tourmalines. Type hexagonal (Projection sur la base).

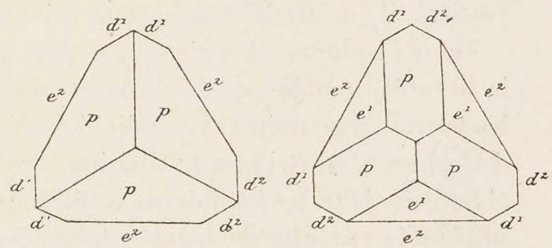


FIG. 299 et 300. — Tourmalines. Type triangulaire (Projection sur la base).

qui est très cannelée ; les cristaux sont absolument cylindriques ou bien ont une tendance à la forme triangulaire ou hexagonale, en se rapprochant de l'un ou l'autre des types précédents (Pl. 12, fig. 1 à 3).

Les cristaux de tourmaline sont souvent tordus par suite d'actions dynamiques (Tsilaizina), parfois d'une façon extrêmement sinueuse (Tampombohitra), surtout quand ils sont englobés par le quartz. Très fréquemment, ils sont brisés et ressoudés par du quartz, notamment lorsqu'ils sont englobés par ce minéral, mais la trace d'actions mécaniques s'observe fréquemment aussi dans les cristaux des géodes, où ils sont alors ressoudés par leur propre substance [Maharitra (fig. 326), Tampombohitra].

Un caractère commun à toutes les catégories de tourmalines de Madagascar est d'être très fraîches, même lorsqu'elles se trouvent dans des pegmatites dont les feldspaths sont complètement décomposés ; mais elles sont fréquemment fissurées, de telle sorte qu'on les rencontre souvent en fragments anguleux, soit dans la roche en place, soit dans les éluvions. Les tourmalines lithiques peuvent être utilisées comme gemmes chaque fois que leur couleur et leur transparence le permettent.

M. Ungemach a signalé [106] une pseudomorphose de tourmaline (d^1e^1) en quartz grenu provenant de Vohitrakanga.

TOURMALINES LITHIQUES

Ces tourmalines ne se rencontrent que dans les pegmatites sodo-lithiques dont elles constituent l'une des caractéristiques. Leurs cristaux sont parfois de grande taille, mais celle-ci n'atteint cependant qu'exceptionnellement les énormes dimensions de certaines tourmalines noires.

J'ai vu toutefois un cristal d'Anjanabonoina pesant 15 kilogrammes et de section très grande par rapport à son allongement. Le plus gros cristal translucide que j'ai observé provient du plateau de Maharitra ; très allongé suivant l'axe vertical, il mesure 38 centimètres suivant *c* et pèse $5^{kgr},840$.

Dans la plupart des gisements, ces tourmalines sont surtout remarquables par la beauté et par la variété de leur coloration. A l'inverse de ce qui a lieu pour les tourmalines noires, les individus engagés dans la roche sont parfois dépourvus de formes géométriques (Tsilaizina), mais par contre, ce sont des cristaux nets qui abondent dans les cavités miarolitiques et dans les cryptes. Ils sont d'ordinaire implantés par une de leurs extrémités ; à ce point de vue, les gisements jadis exploités dans la vallée de la Sahatany[1] ont été incomparables (Maharitra, Ampantsikahitra, Marirano, Ankitsikitsika, pour les cristaux à faces éclatantes ; Tampombohitra pour les cristaux ternes, dans ce gisement les cristaux rouges

1. Je dois à M. Fürst les magnifiques documents de cette région que j'ai étudiés.

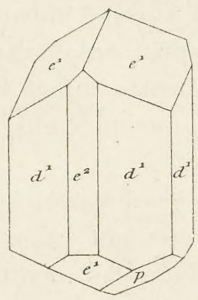


Fig. 301. — Antandrokomby.

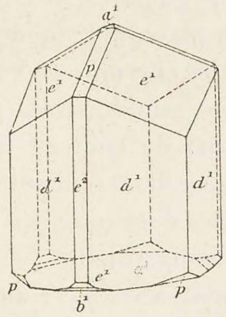


Fig. 302. — Ampantsikahitra.

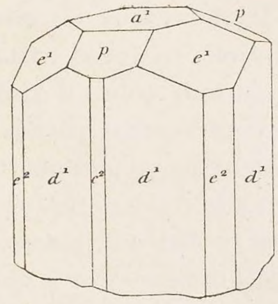


Fig. 303. — Maharitra.

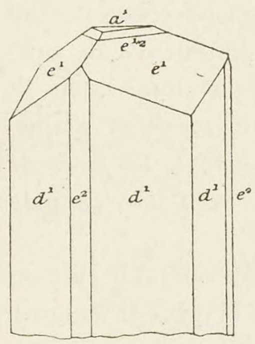


Fig. 304. — Maharitra.

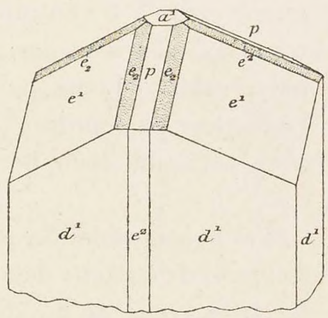


Fig. 305. — Région de Betafo.

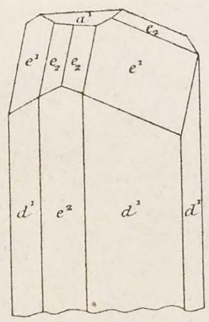
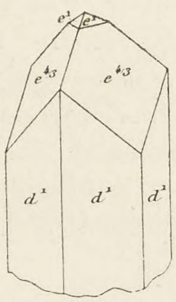


Fig. 306. — Maharitra.



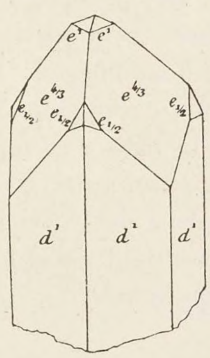


Fig. 307 et 308. — Maharitra.

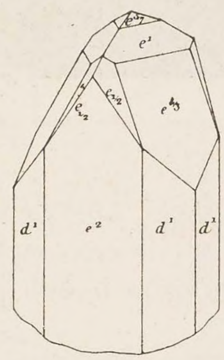


Fig. 309. — Ankitsikitsika.

Tourmalines lithiques.

sont intimement associés à ceux de tourmaline noire, qui partout ailleurs s'isolent dans des portions distinctes de la pegmatite). Il faut citer encore pour la beauté de leurs cristaux les gisements en place d'Antandrokomby, d'Antsongombato et d'Itremo (très gros cristaux), puis les éluvions de Vohitrakanga près Ankonahona, et surtout celui d'Anjanabonoina remarquable par les énormes dimensions qu'y présentent parfois les cristaux de couleur très variée : quelques-uns des cristaux de ce gisement ont été cependant rencontrés en place.

D'admirables cristaux bipyramidés d'un rouge vif ont été trouvés à Ampantsikahitra, à Antandrokomby, et à Antsongombato. Les uns ne présentent que e^1 au pôle antilogue, avec p et e^1, également développés au pôle analogue. Dans d'autres, l'hémimorphisme frappe davantage, grâce au large développement d'une face a^1 au pôle analogue, alors que cette base est à peine indiquée mais très plane et très brillante au pôle antilogue (fig. 310). Dans les deux premiers de ces gisements, les cristaux, d'un rouge magnifique, à faces éclatantes, atteignent jusqu'à 6 centimètres de longueur ; ils ont été trouvés, isolés dans des géodes et enveloppés dans de la palygorskite. Leurs faces terminales sont planes et brillantes ; par contre, le plus souvent, les faces de la zone verticale, bien que nettes, sont très cannelées.

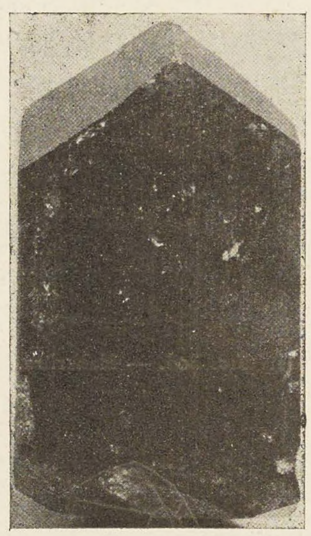


Fig. 310. — Rubellite d'Ampantsikahitra.

J'ai pu examiner un nombre considérable (plusieurs milliers) de cristaux détachés des cryptes de Maharitra ; les trois types de développement prismatique se rencontrent ; ils sont sans relation avec le développement des faces terminales. L'extrémité libre des cristaux étudiés est presque toujours constituée par le pôle antilogue[1] ; cette particularité, qui rend si rare la possibilité d'étudier des cristaux pourvus de leur pôle analogue, contribue certainement à rendre très courte la liste des formes observées dans celui-ci ; elles se réduisent à p, a^1 et b^1. La même observation peut être faite pour les gros cristaux des éluvions d'Anjanabonoina et pour les petits cristaux verts de Vohitrakanga dont j'ai étudié sur place plus d'un millier ; je n'en ai trouvé qu'un seul bipyramidé, son pôle analogue présente p et b^1.

1. On ne voit pas pourquoi dans les gisements malgaches, ces cristaux de tourmaline sont presque toujours implantés sur leur gangue par leur pôle analogue ; c'est l'inverse qui a lieu à Mesa Grande (Californie), où les magnifiques groupements de rubellite sont terminés à leur extrémité libre par une large face a^1 plus ou moins développée et dépolie.

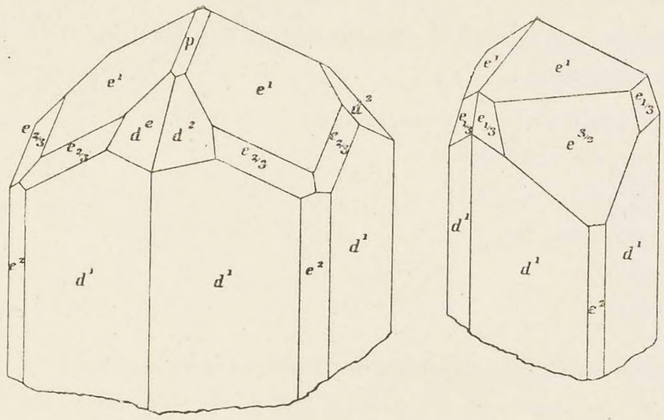


Fig. 311 et 312. — Anjanabonoina.

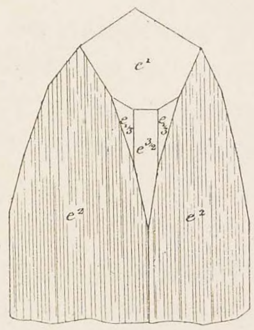


Fig. 313. — Maharitra (T. verte).

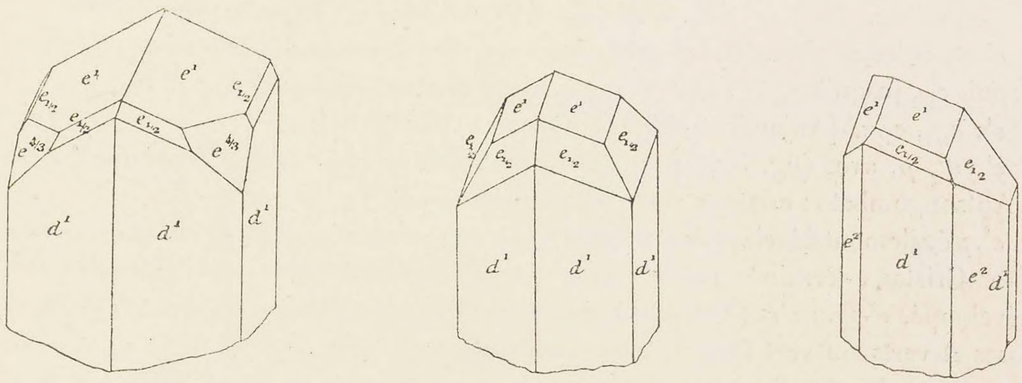


Fig. 314 et 316. — Anjanabonoina.

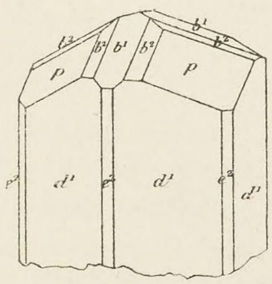


Fig. 317.

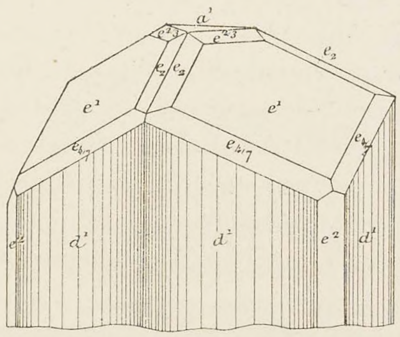


Fig. 318. — Anjanabonoina.

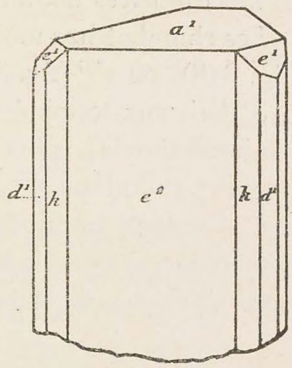


Fig. 319. — Antandrokomby.

Tourmalines lithiques.

En outre des formes énumérées plus haut et communes aux différents types de tourmaline, j'ai rencontré les suivantes :

RHOMBOÈDRES	SCALÉNOÈDRES
$e^{5/7}(04\bar{4}3)$	$e_2(12\bar{3}2)$
$e^{3/2}(05\bar{5}1)$	$e_{2/3}(15\bar{6}2)$
$e^{1/2}(01\bar{1}1)$	$e_{1/2}(13\bar{4}1)$
$e^{2/3}(05\bar{5}4)$	$e_{1/3}(24\bar{6}1)$
$e^{5/4}(03\bar{3}1)$	$e_{4/7}(3.11.\overline{14}.4)$.

D'une façon générale, le pôle antilogue présente les modalités suivantes :

1° Cristaux terminés par e^1 ; ce sont de beaucoup les plus fréquents, ils se trouvent dans tous les gisements. Principales combinaisons : e^1 (fig. 301) ; $e^1\ p$ (fig. 302) ; $e^1\ a^1$ (fig. 319) (pôle analogue) ; $e^1\ p\ a^1$ (fig. 303) ; $e^1\ e_2\ a^1$ (fig. 306) ; $e^1\ p\ e_2$, avec (fig. 305) ou sans a^1 (Anjanabonoina).

e^1 et, entre ce rhomboèdre et d^1, faces courbes donnant des réflexions continues depuis $e_{1/2}$ jusqu'à $e_{1/3}$ (Vohitrakanga, longs cristaux violacés) (fig. 324).

e^1, $e_{4/7}$, e_2, a^1 [Anjanabonoina? (Ungemach) (fig. 318)] ;

e^1, d^2, p, avec (fig. 320, pôle analogue) ou sans (fig. 321) a^1 (rubellite foncée d'Antsongombato ; cristaux verts d'Anjanabonoina).

e^1, p également développés et larges faces a^1 (Anjanabonoina, gros cristaux rouges) :

2° Cristaux terminés par e^1, avec un rhomboèdre plus aigu également très développé, $e^{3/2}$ ou $e^{4/3}$ (Vohitrakanga, Anjanabonoina, Maharitra) (petits cristaux roses et verts ou vert foncé), avec quelquefois $e_{1/2}$ (fig. 313 et 314) ou $e_{1/3}$ (en zone avec $e^{3/2}$) fig. 312) ; les formes qui accompagnent les faces brillantes de e^1 sont souvent ternes, raboteuses ($e^1e^{4/3} = 164°53'$ calc. ; $e^1e^{3/2} = 167°6'$). Les faces d^1 très cannelées dominent souvent dans la zone verticale.

Les rhomboèdres moins aigus que e^1, c'est-à-dire $e^{4/2}$ (fig. 304) Maharitra, $e^{2/3}$ (fig. 318), ou $e^{5/7}$ (fig. 309), Ankitsikitsika, sont plus rares.

3° Cristaux terminés par un rhomboèdre plus aigu que e^1 ; $e^{4/3}$, rarement seul (Anjanabonoina), plus souvent accompagné de petites facettes e^1 (Maharitra) (fig. 307 et 308) ou $e^{5/7}$; $e_{1/2}$ (Ankitsikitsika) (fig. 309).

4° Cristaux terminés par des scalénoèdres dominants [$e_{1/2}$ (fig. 323) (Anjanabonoina), $e_{4/7}$, associés à e^1, $e^{5/4}$ (Anjanabonoina) (fig. 325)] ou bien seulement très développés [$e_{2/3}$, d^2, accompagnés de e^1 et p (Anjanabonoina, gros cristaux rouges)].

J'ai fait remarquer plus haut qu'il y a un contraste très remarquable entre le peu de netteté des formes, très cannelées, de la zone verticale et les faces nettes et brillantes du sommet ; mais celles-ci (notamment e^1, $e^{3/2}$, $e_{1/3}$), surtout dans les

gros cristaux d'Anjanabonoina, sont souvent ondulées ou formées par des accolements de faces vicinales à contours curvilignes.

Beaucoup plus souvent que les tourmalines noires, les tourmalines lithiques présentent des irrégularités par suite du développement anormal ou de la disparition de certaines de leurs faces (fig. 316) ; souvent les cristaux sont aplatis suivant une face prismatique (Pl. 20, fig. 1), ce qui entraîne l'exagération de certaines faces du

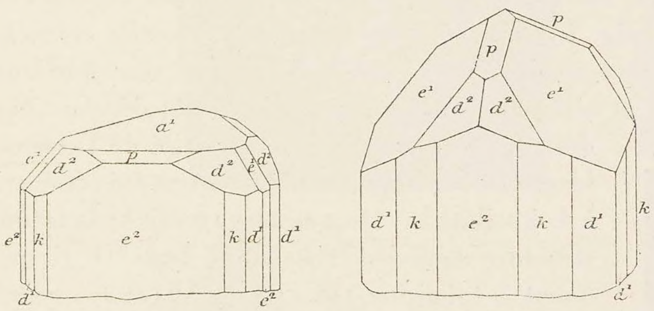


Fig. 320 et 321. — Antsongombato (Rubellite).

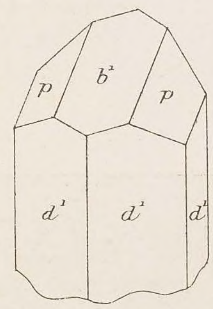


Fig. 322. — Maharitra (T. rose).

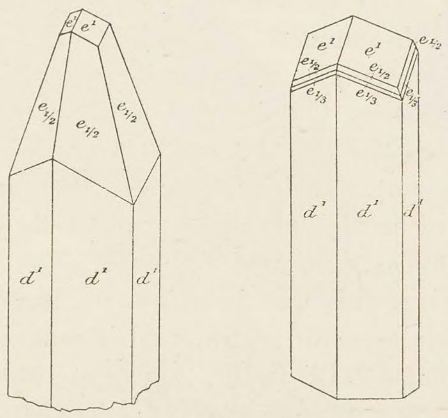


Fig. 323 et 324. — Vohitrakanga.

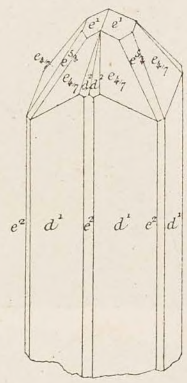


Fig. 325. — Anjanabonoina.

Tourmalines lithiques.

sommet, exagération qui peut d'ailleurs exister en dehors de cet aplatissement. Ce dernier cas est réalisé par un magnifique cristal de rubellite de Marirano (collection du Muséum) pesant 419 grammes et mesurant 8 centimètres $\times 7 \times 5$. Son sommet consiste presque exclusivement en une large face e^1, en zone avec deux minuscules facettes a^1 et p ; les deux autres faces e^1 sont à peine indiquées.

Dans les tourmalines d'un rose pâle de Maharitra, j'ai souvent remarqué l'aspect pseudomonoclinique représenté par la figure 322 ; il est caractérisé par ce

que le sommet est réduit à une face b^1, bordée par deux faces p, les autres manquent.

Les cristaux de tourmaline lithique sont d'ordinaire plus ou moins allongés suivant c. Par exception, à Anjanabonoina, les très gros cristaux sont souvent raccourcis suivant l'axe vertical, alors que les cristaux de moindres dimensions sont d'ordinaire assez allongés.

La structure polysynthétique est très fréquente dans les cristaux de couleur claire de Maharitra (Pl. 19, fig. 5), qui sont extrêmement cannelés verticalement et dépourvus de toute face précise dans la zone prismatique, alors que leur sommet a des faces très planes et brillantes, tantôt continues, tantôt décelant par des angles rentrants l'hétérogénéité de l'assemblage. Des cristaux semblables ont été observés à Ankitsikitsika. Peut-être trouverait-on la même structure dans les cristaux du type III, si fréquent à Tsilaizina (Pl. 19, fig. 6) et rencontré aussi dans la région de Ramainandro (Pl. 19, fig. 11), mais tous ceux que j'ai vus sont dépourvus de sommets.

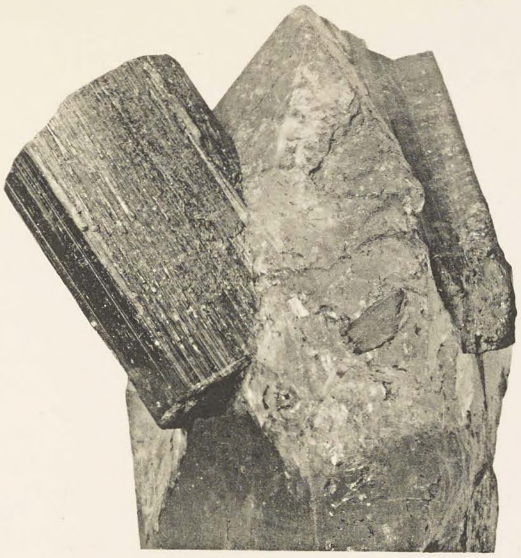


Fig. 326. — Tourmaline rose de Maharitra.

A Manjaka, la rubellite rouge foncé est bacillaire, formant des groupements qui ont jusqu'à 8 ou 10 centimètres de longueur : ils sont parfois divergents. Mais cette structure bacillaire est surtout fort belle dans deux groupes d'un vert brunâtre, avec taches un peu rosées, que je dois à M. Bourdariat : il les a recueillis entre Analaidirana et le mont Kalapato (Pl. 19, fig. 4) ; ils mesurent 15 centimètres de longueur. Les cristaux constitutifs sont localement assez distincts à la périphérie des groupements, où se remarquent des prismes à section triangulaire, terminés par a^1.

Les variétés nettement fibreuses sont beaucoup plus rares que dans la tourmaline noire ; j'ai trouvé à Marirano des nodules de tourmaline d'un vert bleu, très soyeux, entourés de cristaux de rubellite. Sur les pentes Nord du mont Bity, se rencontrent des blocs de quartz rendus fibreux par de longues aiguilles de tourmaline gris perle (bleuâtre suivant n_g) disposées parallèlement.

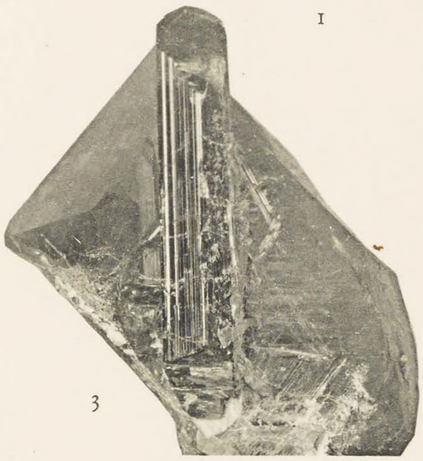
Enfin les cristaux engagés dans la pegmatite présentent souvent, avec l'albite, une structure poecilitique ou ophitique (Manjaka, Antsongombato).



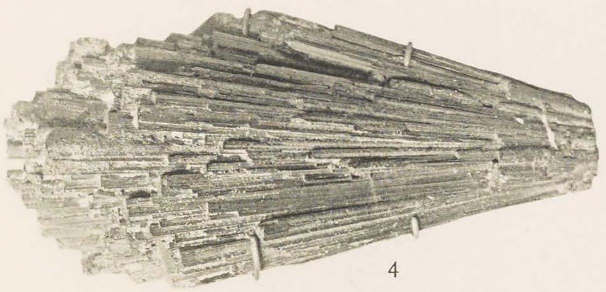
1



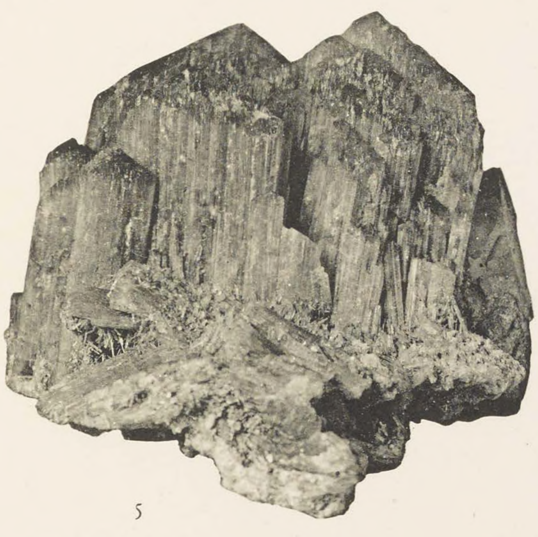
2



3



4



5



6

Clichés Cintract. Imp. Catala frères, Paris.

Tourmaline lithique ; Maharitra (fig. 5). Entre Analaidirana et Kalapato (fig. 4) ; Tsilaizina (fig. 6).
T. dans quartz ; Ramainandro (fig. 1), Maharitra (fig. 2 et 3).

A Antaboaka, j'ai rencontré des associations graphiques d'indicolite d'un bleu presque noir et de grandes lames de lépidolite.

L'unique cristal à formes nettes de rubellite très foncée provenant d'Anjanabonoina que j'ai examiné porte sur a^1 de nombreuses faces d'accroissement constituées par des pyramides triangulaires s'interpénétrant et qui correspondent à un rhomboèdre positif extrêmement obtus.

Dans les cryptes de Maharitra, il est fréquent de trouver des cristaux de tourmaline brisés et ressoudés par leur propre substance (fig. 326).

Variations de couleur. — L'une des particularités les plus intéressantes, au point de vue théorique et au point de vue de leur utilisation comme gemmes, de ces tourmalines, réside dans leurs variations de couleur, conséquence de leurs variations de composition chimique.

Leurs teintes sont des plus diverses. Voici l'indication de quelques-unes d'entre elles, avec les localités où il est facile de les observer.

Rouge foncé de teintes diverses, rouge vineux, rouge violacé : rouge sang de pigeon rappelant la couleur du rubis (*rubellite*) (Antandrokomby, Marirano, Manjaka, Ampantsikahitra, Antsongombato, Anjanabonoina) ; les cristaux d'Antandrokomby présentent quelquefois un aspect aventuriné, par suite de l'existence d'inclusions de paillettes de lépidolite.

Rose plus ou moins foncé, passant d'une part aux rouges précédents et d'une autre à des types incolores : il existe des roses fleur de pêcher rappelant la topaze brûlée et des roses jaunâtres (Maharitra, Ankitsikitsika, Antsira, Anjanabonoina). Les petites aiguilles formées dans la phase de corrosion, et recouvrant souvent des cristaux plus gros (Pl. 20, fig. 6) sont souvent à Maharitra d'un rose très pâle.

Vert de diverses nuances [1], du vert réséda au vert olive et au vert poireau clair (Maharitra, Tampombohitra, Mandrihariva, Anjanabonoina, Vohitrakanga).

Violet améthyste avec passage à l'incolore (Anjanabonoina).

Bleu pâle (Antsahabe à l'Ouest d'Itremo : Maharitra).

Bleu foncé (indicolite) [2] allant jusqu'au noir (Itremo, Maharitra et Antaboaka) ; les cristaux de couleur foncée sont souvent englobés dans la lépidolite blanche.

Bleu pâle et laiteux (Anjanabonoina).

Gris perle, gris de fumée, avec souvent une teinte verdâtre (Vohitrakanga, Maharitra, Antaboaka) ; cette variété est souvent associée au béryl rose.

1. Le vert bouteille foncé des tourmalines du Brésil ne m'est pas connu à Madagascar.

2. Le beau minéral bleu de Prusse signalé à Antsongombato comme indicolite par MM. Duparc, Wunder et Sabot [10], puis par M. Merle [224], est l'apatite manganésifère décrite page 353.

Jaune de toutes les teintes, depuis le jaune paille, le jaune d'or, jusqu'au jaune brun ; les gisements les plus caractéristiques à cet égard sont Tsilaizina et Anjanabonoina (cristaux nets) et plus rarement Maharitra.

Brun jaune à brun noir ; brun enfumé (Tsilaizina, Antsongombato, Anjanabonoina).

Incolore (*achroïte*) (Maharitra, Anjanabonoina). Les variétés incolores ont parfois une légère teinte verte, rose ou violette, plus rarement jaune.

Fréquemment la périphérie des cristaux possède un aspect soyeux, dû à l'existence de cavités parallèles à l'axe vertical et remplies d'air. Tel est le cas de cristaux roses au centre et jaune d'or très brillant, avec par place un éclat métallique sur les faces prismatiques qui proviennent des environs d'Ambatofinandrahana (région d'Ambatomainty).

Les cristaux de couleur homogène sont relativement rares, spécialement quand ils sont de grande taille ; ils se rencontrent surtout parmi les rubellites d'un rouge foncé.

Le plus souvent, un même cristal possède plusieurs couleurs, passant quelquefois les unes aux autres d'une façon insensible[1]. Il est exceptionnel que ces variations de coloration ne soient pas régies par quelque loi ; c'est cependant le cas pour de beaux cristaux du type hexagonal d'Ampantsikahitra et d'Ankitsikitsika, dans lesquels des parties vertes apparaissent sans ordre au milieu d'une masse rouge, et pour certains gros cristaux rouges et jaunes d'Anjanabonoina.

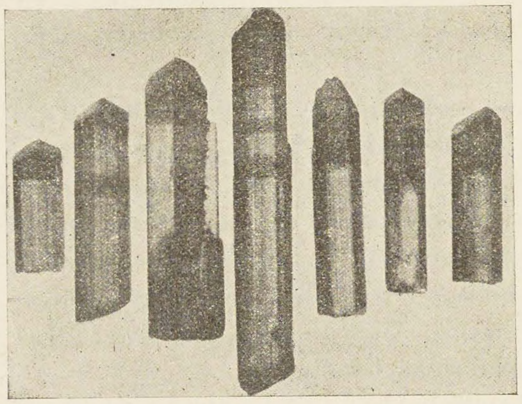


FIG. 327. — Tourmaline rose et verte de Maharitra (Grandeur naturelle).

Il existe d'ordinaire des règles dans cette distribution des couleurs et je vais passer rapidement en revue celles que j'ai personnellement observées et déjà décrites pour la plupart [26].

1° Disposition dissymétrique par rapport à l'axe vertical en rapport avec l'hémimorphisme. Les deux extrémités d'un même cristal ont une coloration différente ; c'est la disposition réalisée dans un très grand nombre de cristaux de Maharitra, dont j'ai parlé plus haut ; ces cristaux transparents, ayant de 2 centi-

1. Quelques-unes des particularités qui vont être décrites dans ce paragraphe se rencontrent dans les tourmalines lithiques du Brésil, de Californie, du Maine, du Connecticut et de l'île d'Elbe (pour ces dernières, cf. Giovanni d'Achiardi, *La tourmaline del granito elbano,* Pisa, 1893-1896).

mètres à $2^{cm},5$ de longueur, sont roses du côté du pôle antilogue attaché à la gangue et verts à leur pôle antilogue terminé par e^1. Il existe parfois une série de tranches, alternativement rouges et vertes, dont les passages sont brusques ou ménagés. M. Tirlet m'a signalé jadis la trouvaille d'une vingtaine de très gros cristaux (de 4 à 5 kilogrammes), dont le sommet était rouge de cuivre, puis se voyaient ensuite des tranches d'épaisseur inégale, bleuâtres, d'un gris rosé, d'un bleu foncé, puis rouges. MM. Duparc, Wunder et Sabot ont décrit un cristal de Tsilaizina présentant cette alternance de strates roses et vertes.

J'ai recueilli à Tampombohitra et rapporté au Muséum un bloc de quartz englobant plusieurs très gros cristaux dont une moitié est verte et l'autre rouge foncé. A Itremo, se trouvent des cristaux roses, dont l'extrémité libre est d'un vert foncé.

Dans une variante de ce cas, des cristaux de couleur, par ailleurs homogène, ont seulement les faces du sommet d'une coloration spéciale ; ainsi à Ankitsikitsika et à Maharitra, des rubellites, d'un rose pâle, ont leurs faces e^1, superficiellement jaunes. Parfois à Anjanabonoina, des cristaux d'un rose pâle ont le sommet du rhomboèdre e^1 jaune clair ; à Itremo, des cristaux roses ont leur base verte. J'ai vu une rubellite rose pâle d'Anosivolo, terminée par une base d'un beau bleu foncé ; c'est un pôle analogue.

Il est possible qu'une semblable disposition soit moins rare qu'on pourrait le supposer, mais les cristaux pourvus de leurs deux sommets sont si peu fréquents que l'on ne peut vérifier cette hypothèse.

A Ambatolampy, près Maharitra, de très gros cristaux rosés au centre, jaunes à la périphérie, ont leur sommet (pa^1) noir.

Enfin, j'ai observé à Anjanabonoina de grands cristaux dont les faces $e_{1/2}$ tranchent par leur couleur rouge sur la teinte verte de l'intérieur et de toutes les autres faces (e^1 et d^1).

Cette disposition par tranches de couleurs différentes est fréquente dans les tourmalines de l'île d'Elbe, de Haddam (Connecticut), etc.

2° Disposition concentrique. Ce cas diffère du précédent en ce que le cristal est formé par une série d'enveloppes successives correspondant à des compositions différentes, dues à des variations de composition chimique du magma ou des fluides minéralisateurs du magma circulant dans les cryptes en voie de remplissage. Des cas variés peuvent être considérés. Le cristal a pu prendre de grandes dimensions, sans changement notable de composition ; à la fin seulement de sa cristallisation, s'est produit le changement de composition ; il est formé alors par une partie centrale, de couleur homogène ou soumise à des variations de l'ordre de celles indiquées dans le paragraphe précédent, puis la fin de la cristallisation s'est effectuée par la production d'une enveloppe périphérique de couleur différente.

Lorsqu'il est possible d'étudier des cristaux entiers possédant cette disposition et d'en faire une coupe longitudinale, on constate que parfois des modifications de la forme du sommet ont accompagné ce changement de composition chimique, le sommet de l'enveloppe extérieure étant par exemple limité par le rhomboèdre e^1, celui de la partie centrale par un rhomboèdre plus aigu ou bien par la base. Dans d'autres cas, ce sont les faces prismatiques qui se sont modifiées ; la partie centrale étant triangulaire par exemple par suite de la prédominance de $^1/_2\, e^2$, la partie centrale hexagonale, à cause du grand développement de d^1 ; dans d'autres cas, l'on observe la disposition inverse. La section transversale de semblables cristaux montre simplement une partie centrale homogène et une enveloppe d'une couleur différente, dont la surface externe présente fréquemment une troisième teinte.

De grandes variations existent dans la combinaison des couleurs ; elles ne sont soumises à aucune loi, mais, en général, dans un gisement déterminé ou tout au moins dans les portions d'un même gisement, dans une même crypte, il y a une disposition constante ou tout au moins prédominante. Voici quelques exemples que j'ai personnellement observés.

	BORDS	CENTRE
Antandrokomby.	Rouge.	Vert.
Tampombohitra.	Rouge foncé.	Noir.
Antsongombato.	Rouge foncé.	Brun.
Itremo.	Rouge ou rose.	Jaune marbré de vert, ou vert pâle.
Tampombohitra.	Vert d'herbe.	Rose chair.
Anjanabonoina.	Vert.	Incolore.
—	Vert.	Rouge.
Maharitra.	Vert.	Rouge.
Tsilaizina.	Jaune.	Rose ou brun foncé.
Vohitrakanga.	Jaune clair.	Rose clair, puis brun foncé.
—	Gris clair.	Brun foncé.

Cette variation de couleur par enveloppes emboitées, et notamment le type rouge au centre et vert à la périphérie, est souvent réalisé dans les tourmalines du Brésil.

Dans certains gisements le phénomène a été moins simple, des variations périodiques de composition sont mises en évidence par des alternances, souvent maintes fois répétées, de diverses couleurs ; c'est ainsi par exemple que dans les cristaux drusiques de Maharitra, on rencontre fréquemment des alternances de coloration rose, bleue et vert pâle.

Les photographies réunies dans la figure 328 fournissent une illustration des différents cas qui viennent d'être passés en revue.

Enfin il me reste à considérer un dernier cas, surtout réalisé dans les alternances multiples. C'est celui dans lequel les variations se sont produites dès le

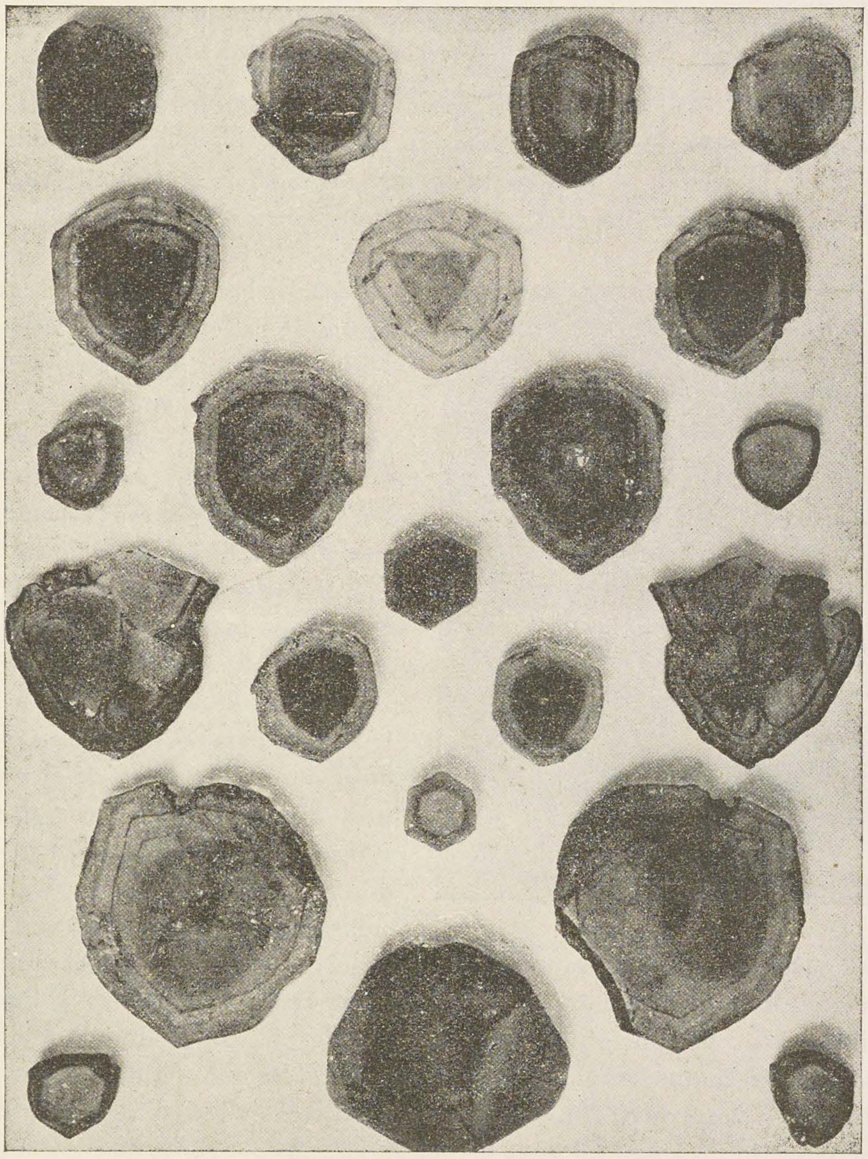


Fig. 328. — Tourmalines zonées vertes et rouges ; Maharitra. Sections basiques (grandeur naturelle).

début de la cristallisation. Le cristal s'est alors accru par dépôt successif de couches diversement colorées sur les faces du rhomboèdre terminal e^1 (généralement net) ;

ce sont donc, en somme, des cristaux encapuchonnés et, dans ce cas, comme cela a lieu dans les plagioclases, le passage d'une zone à une autre se fait soit d'une manière insensible, indice de changements continus de composition du milieu, soit d'une façon brusque. La section perpendiculaire à l'axe vertical de semblables cristaux fournit une division en secteurs, qui est bien illustrée par la figure 329 représentant une plaque d'un gros cristal d'Anjanabonoina. Les parties claires sont de couleur rose, les parties venues en noir sur la photographie, sont vertes. L'interprétation que je donne au phénomène est facile à démontrer. Sur une plaque épaisse, on voit, en effet, que les bandes concentriques ne sont pas normales à la plaque, elles ne sont donc pas parallèles à un prisme, mais elles font avec celle-ci (qui est perpendiculaire à l'axe vertical et par suite parallèle à la base) un angle d'environ 134° ($a^1 e^1 = 134°3'$) ; sur quelques échantillons, il m'a été possible de décoller les bandes successives et d'en effectuer une mesure directe. La figure 7 de la planche 18 représente un cas analogue, mais dans lequel le rhomboèdre central est uniformément vert.

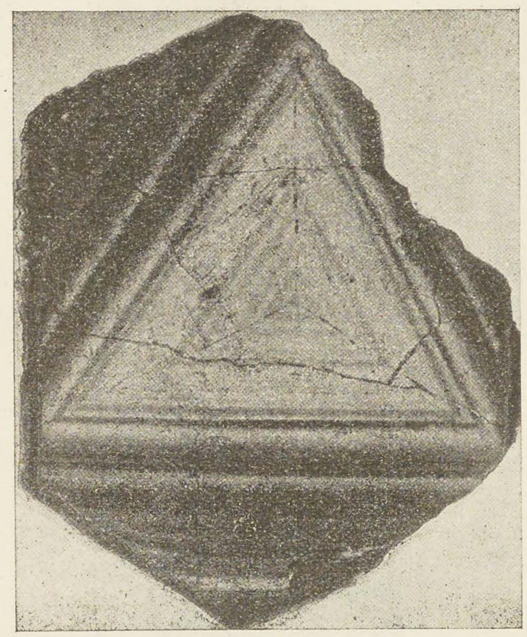


Fig. 329. — Tourmaline verte et rose d'Anjanabonoina. Section basique (Réduction d'un tiers).

J'ai vu plusieurs exemples de secteurs triangulaires présentant une autre disposition ; ils sont déterminés sur une section basique par des traits rouges, se coupant suivant des angles de 120°. En examinant des plaques suffisamment épaisses, on voit que ces traits correspondent à l'intersection de plans colorés, parallèles à l'axe vertical ; ils ne peuvent donc plus s'expliquer par des dépôts produits sur des faces rhomboédriques comme les précédents. Leur interprétation m'a été fournie par des cristaux de Maharitra de couleur verte, dont les arêtes culminantes e^1 sont remplacées par une gouttière que limitent de petites facettes e^1 ; ce cristal, en apparence simple, est en réalité constitué par le groupement régulier autour de l'axe vertical de trois cristaux fournissant chacun l'une des faces e^1 de l'assemblage. Si l'on imagine que les plans de jonction de ces trois cristaux soient colorés en rouge, la section transversale du groupement fournit l'apparence qu'il s'agit d'expli-

quer ; c'est là une disposition que j'ai autrefois décrite dans des cristaux de calcite[1]. D'ailleurs, les sections transversales des groupements à axes parallèles de cristaux de tourmaline fournissent des exemples nombreux de ces coalescences de cristaux, extérieurement colorés d'une façon différente de leur centre, avec production d'une croûte extérieure de couleur encore différente et commune à tout l'ensemble.

Les cristaux de tourmaline, lorsqu'ils sont parfaitement limpides, fournissent des gemmes pour lesquelles je renvoie au chapitre spécial du tome II. Souvent elles ne sont que translucides ou même opaques.

La caractéristique optique de ces minéraux, c'est qu'ils ne sont jamais que localement uniaxes et leur uniaxie est, dans ce cas, acquise par des entrecroisements de plages biaxes (plan des axes parallèle ou perpendiculaire aux côtés extérieurs des sections triangulaires), dans lesquelles l'écartement des axes peut être relativement assez grand ($2E = 0$ à $25°$ environ). Cette biaxie n'est particulière à aucune couleur spéciale, elle ne m'a pas paru varier d'une façon systématique dans un même cristal avec les changements de couleur ; elle n'est pas liée davantage à une structure plutôt qu'à une autre.

Le polychroïsme, si caractéristique, des tourmalines riches en fer, est beaucoup moins intense dans les types lithiques qui, en lames minces, sont toujours plus ou moins incolores. Voici quelques couleurs observées sur les cristaux épais :

n_g	n_p
Rouge carmin.	Rougeâtre ou rose pâle.
Rose.	Jaune pâle.
Jaune verdâtre.	Incolore.
Jaune vert foncé.	Incolore.
Vert brun.	Jaunâtre.
Brun jaune foncé.	Jaune citron.

Avec le concours de M. P. Gaubert, je me suis proposé de chercher s'il existe une relation entre la densité, les indices de réfraction et la couleur des tourmalines malgaches.

Nous avons opéré sur les pierres taillées de la collection du Muséum, parce que leur transparence permet de se rendre compte de leur degré d'homogénéité : l'expérience montre que si d'un cristal de couleur uniforme l'on extrait une pierre d'une limpidité irréprochable, on constate que sa densité est toujours un peu plus forte que celles des portions givrées. Les indices ont été mesurés sur la table de la pierre taillée, par la méthode de la réflexion totale : ces mesures ne sont pas

1. *Minéralogie de la France*, t. III, 1909, 500 (figure 137).

données comme des mesures de haute précision, maisel les sont exactes à ± 0,0005, et cela est suffisant pour ce qu'il s'agit de démontrer.

Les mesures obtenues sont ordonnées ci-dessous en fonction de la densité.

DENSITÉ	n_g	n_p	$n_g - n_p$		
3,03				Rose.	Ambatolampy.
3,036	1,6368	1,6200	0,0168	Rouge foncé.	Antsongombato
	1,6368	1,6200	0,0168	Rose pâle.	
3,048	1,6398			Rosâtre.	Maharitra.
3,05	1,6418	1,6244	0,0174	Rouge foncé.	Anjanabonoina.
	1,6420	1,6252	0,0168	Jaune miel.	
	1,6425	1,6259	0,0166	Vert jaune.	
3,052	1,6412	1,6226	0,0186	Rouge rubis.	Ampantsikahitra.
3,058	1,6423	1,6261	0,0162	Rouge.	Antsongombato.
	1,6428	1,6265	0,0163	Rose pâle.	
3,059				Rouge rose.	Maharitra.
3,060	1,6431	1,6240	0,0191	Bleuâtre verdâtre. Violacé incolore. Jaunâtre.	
3,065	1,6420			Rouge grenat foncé.	
	1,6425	1,6251	0,0174	Rouge violacé foncé.	
	1,6430	1,6253	0,0187	Vertbouteilleclair.	
3,068	1,6427	1,6250	0,0177	Rose.	
	1,6430	1,6260	0,0170	Rouge jaunâtre.	
3,073	1,6430	1,6237	0,0193	Vert.	
3,076	1,6432	1,6272	0,0160	Brun enfumé.	
3,077	1,6434	1,6258	0,0176	Rouge vineux.	Tsilaizina.
3,089				Vert clair.	Maharitra.
3,095				Jaune brun.	Ambatolampy.
3,102	1,6434			Jaune.	
	1,6444	1,6213	0,0221	Jaune citron.	Tsilaizina.
3,10	1,6450	1,6258	0,0192	Rose vineux.	Maharitra.
3,105	1,6450	1,6260	0,0190	Rouge foncé.	Anjanabonoina.
3,106	1,6457	1,6239	0,0218	Incolore.	
3,107	1,6457	1,6238	0,0219	Violet améthyste.	
3,109	1,6444	1,6228	0,0216		
	1,6446	1,6237	0,0209	Jaune citron.	Tsilaïzina.
3,115	1,6480	1,6248	0,0232	Jaune brunâtre.	
3,116	1,6476	1,6240	0,0236	Jaune brun foncé.	Maharitra.
3,117	1,6478	1,6245	0,0235	Jaune brunâtre.	Tsilaizina.

On peut constater qu'aucune des tourmalines étudiées n'a une densité inférieure à 3; elles constituent une série continue dont les divers termes, différemment

1. Dès 1893, j'ai donné [26] les indices de réfraction de deux tourmalines lithiques de Madagascar (sans indication précise de gisement), mettant en évidence leur plus faible biréfringence par rapport aux tourmalines ferrifères.

colorés, peuvent se rencontrer dans les mêmes gisements, bien que certains d'entre eux soient localisés dans un gisement déterminé.

Dans le début de la série, c'est-à-dire parmi les tourmalines les plus légères, il n'y a pas de relation entre la couleur et la densité et cela est particulièrement frappant à Maharitra, où des tourmalines de couleurs fort variées : rouges, roses, vertes, bleuâtres, violacées, jaunes, incolores, ont une densité de 3,05 à 3,06, avec des indices sensiblement identiques. Inversement, on voit que des tourmalines d'une même couleur peuvent avoir dans un même gisement des densités différentes ; c'est particulièrement le cas pour les rubellites d'un beau rouge rubis ; des densités de 3,05 et de 3,105 ont été observées à Anjanabonoina, de 3,036 et de 3,058 à Antsongombato sur des pierres qu'il est impossible de distinguer les unes des autres d'après la couleur.

D'autre part, on voit qu'à l'autre extrémité de la série, les couleurs jaunes et brunes dominent ; les variétés incolores, violettes ou améthyste d'Anjanabonoina qui figurent dans le tableau constituent des raretés dans ce gisement.

On constate en outre que les indices de réfraction croissent assez régulièrement avec la densité ; l'accroissement de la biréfringence suit la même loi, mais moins régulièrement, les écarts sont peut-être dus à la moindre précision de certaines mesures du plus petit indice.

MM. Duparc, Wunder et Sabot, ayant publié [10] de nombreuses mesures d'indices, prises sur des tourmalines de quatre gisements malgaches, j'ai cherché à voir si leurs résultats coïncident avec les nôtres.

	n_g	n_p	$n_g - n_p$	2V		
2,978	1,6394	1,6237	0,0157	8°18′	Rouge.	Maroando.
	1,6408	1,6246	0,0162	14°5′	Rose pâle.	
	1,6460	1,6239	0,0221	10°6′	Jaune brun.	Tsilaizina.
3,015	1,6476	1,6199	0,0177	5°41′	Rouge clair.	Antsongombato.
3,005	1,6448	1,6251	0,0197	4°18′	— foncé.	
3,047	1,6411	1,6256	0,0155	6°20′	Rouge.	Antaboaka.
3,061	1,6374	1,6214	0,0160	7°33′	Rose pâle.	Tsilaizina.
3,072	1,6470	1,6244	0,0226	8°54′	Brun verdâtre.	
3,102	1,6430	1,6224	0,0206	8°5′	Jaune paille.	
3,106	1,6481	1,6250	0,0231	7°34′	Brun foncé.	
3,111	1,6464	1,6243	0,0221	6°29′	Jaune foncé.	

Le tableau ci-dessus dans lequel j'ai ordonné leurs principaux résultats en fonction de la densité montre que les relations établies plus haut n'y apparaissent pas ; il est vraisemblable que cela tient en partie à l'inexactitude des densités[1] ; beaucoup des nombres qui les représentent paraissent trop faibles ; cela est tout à fait évident pour celle de la tourmaline jaune de Tsilaizina, dont l'indice maximum est de 1,6460 et

1. Par suite je n'ai pas cru devoir tenir compte de la 4e décimale donnée généralement par ces auteurs.

la densité de 2,978, alors que la tourmaline jaune de même indice que nous avons mesurée possède une densité (soigneusement vérifiée) de 3,109. Cet écart tient dans certains cas à ce que ces savants ont pris les densités, non point sur l'échantillon même analysé ou mesuré, mais sur la réunion d'un très grand nombre de pierres qui, ainsi qu'on l'a vu plus haut, peuvent avoir des densités différentes; c'est ainsi par exemple qu'ils indiquent que la rubellite d'Antsongombato leur a fourni pour la densité des petits fragments ayant servi à la mesure des indices 3,0053 à 3,0152 et que la densité qu'ils considèrent comme caractéristique du gisement est de 3,0483, d'après une mesure prise sur 10^{gr},002 de pierres taillées. Or, ayant eu à ma disposition un lot d'une centaine de pierres taillées (rouge foncé) de ce gisement, j'ai pu constater que les termes extrêmes possèdent respectivement une densité de 3,036 et de 3,058 dont la moyenne 3,047 est presque identique au chiffre donné par mes savants collègues.

Il résulte de cette remarque que, pour établir des relations du genre de celle qui est discutée ici, lorsqu'il s'agit de minéraux de composition aussi variable que les tourmalines et aussi les béryls, il est indispensable que les mesures chimiques et physiques soient prises non seulement sur un même cristal, mais dans la même portion d'un même cristal.

Je donne ci-contre les analyses des tourmalines des gisements suivants publiées par MM. Duparc, Wunder et Sabot[1] :

Antsongombato : *a*) rouge foncé; *b*) rouge plus clair; *c*) Maroando, rose; Antaboaka, *d*) rouge; Tsilaizina, *e*) rose; *f*) jaune paille, *g*) brune, *h*) noire (centre de cristaux bruns).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*
SiO^2.	37,72	37,78	37,06	37,29	37,52	36,77	35,79	35,54
Al^2O^3.	41,14	41,25	40,53	38,91	40,08	39,12	40,06	37,43
B^2O^3.	9,58	9,46	11,03	10,05	10,70	9,90	10,22	10,97
Fe^2O^3.	0,65	0,42	0,40	0,78	0,40	0,58	0,61	4,07
MnO.	1,72	1,83	1,23	0,52	0,63	5,14	5,85	5,69
MgO.	0,24	0,20	0,43	0,30	0,39	0,21	0,19	0,13
CaO.	0,90	1,03	2,58	4,10	2,44	0,77	0,90	0,58
Li^2O.	1,13	1,01	0,11	1,03	0,66	0,59	0,18	0,11
Na^2O.	2,12	2,39	0,80	0,76	1,58	1,47	1,22	1,43
K^2O.	0,09	0,08	0,13	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10
F.	0,78	0,81	1,23	1,40	1,05	1,24	0,90	0,73
H^2O.	4,16	4,08	4,02	4,39	4,14	3,88	3,81	3,44
	100,23	100,34	99,55	99,63	99,68	99,77	99,83	100,22

1. Ces analyses se rapportent aux tourmalines dont les indices ont été donnés plus haut, mais les échantillons étudiés dans les deux cas ne sont pas les mêmes : l'analyse *g* a été faite sur un mélange de plusieurs des cristaux mesurés par ailleurs et de couleur plus au moins foncée.

D'autre part, j'ai fait analyser par M. Raoult les deux termes extrêmes au point de vue de la densité (3,052 et 3,092) des tourmalines d'Anjanabonoina : la variété rouge foncé (*i*), et la jaune verdâtre foncé (*j*). Voici, comme comparaison, quelques analyses de tourmaline de : l'île d'Elbe, incolore (*k*), vert pâle (*l*) par Rammelsberg (*Mineral Chemie*, 1875, p. 541), de Schaitanka (Oural (*m*) par le même ; du Brésil, incolore à rosée (*n*), vert olive (*o*), par Riggs (*Am. J. of Sc.*, t. 35, 1888, p. 40), d'Auburn (Maine), incolore à vert clair (*p*), vert foncé (*q*), par le même ; de Mesa Grande (Californie), rouge (*r*), vert d'herbe (*s*), par W.-T. Schaller (*N. Jahrb. f. Miner.*, 1913).

	i	*j*	*k*	*l*	*m*	*n*	*o*	*p*	*q*	*r*	*s*
SiO^2. .	37,58	37,02	38,85	37,74	38,26	37,19	36,91	38,14	36,26	37,57	36,72
Al^2O^3..	40,22	39,08	44,05	41,89	43,97	42,43	38,13	39,60	36,68	42,18	41,27
B^2O^3. .	10,01	10,39	9,52	9,99	9,21	10,06	9,87	10,25	9,94	10,68	10,60
Fe^2O^3..	0,50	0,63	»	»	»	»	0,31	0,30	0,15	»	»
FeO. .	0,12	0,17	»	1,38	»	0,52	3,19	1,38	7,07	0,19	1,13
MnO. .	0,65	4,86	0,92	2,51	1,53	0,79	2,22	1,38	0,72	0,24	1,48
MgO. .	0,07	0,07	0,20	0,41	1,62	»	0,04	tr.	0,16	»	»
CaO. .	4,00	2,86	»	»	0,62	0,57	0,38	0,43	0,17	1,20	0,87
Li^2O. .	0,71	0,51	1,22	0,74	0,48	1,73	1,61	1,34	1,05	1,92	1,76
Na^2O. .	1,72	1,01	2,00	2,40	1,53	2,24	2,70	2,36	2,88	2,05	2,23
K^2O. .	0,24	0,19	0,34	1,30	0,21	0,23	0,28	0,27	0,44	»	»
TiO^2. .	0,59	0,11	»	»	»	»	»	»	»	»	0,06
F. . .	0,98	0,81	0,70	0,50	0,70	tr.	0,14	0,62	0,71	0,39	0,31
H^2O. .	3,13	2,82	2,41	2,60	2,49	3,90	3,64	4,16	4,05	3,38	3,33
	100,52	100,53	101,17	100,50	100,70	99,66	99,53[1]	100,25	100,28	99,77	96,76

L'étude spectrographique à la flamme du chalumeau oxyacétylénique des deux tourmalines d'Anjanabonoina a montré à M. de Gramont les raies assez fortes du gallium et du plomb qui n'apparaissent pas dans les autres tourmalines de Madagascar examinées.

On voit que la caractéristique la plus nette des tourmalines lithiques malgaches réside dans leur teneur relativement élevée en chaux ; elles sont en général plus manganésifères que ferrifères. La seule relation nette existant entre la couleur et la composition réside en ce que les types très manganésifères sont de couleur jaune ou brune ; une plus grande abondance du fer, jointe au manganèse donne une teinte vert bouteille ou vert olive[2] foncé. Quant aux rubellites foncées, on trouve parmi elles les types les plus calciques et les moins manganésifères et aussi les plus pauvres en chaux avec une assez grande quantité de manganèse.

1. Y compris P^2O^5, 0,11.
2. Par contre, les variétés vert clair ou vert d'herbe, même foncé, se rapprochent par leur composition et eurs propriétés physiques des types rouges ou roses.

M. Piutti a montré[1] que les tourmalines de couleurs variées, que je lui ai communiquées, possèdent une faible radioactivité et contiennent des traces d'hélium. Dans les cristaux zonés de Maharitra, la partie externe présente ces propriétés plus développées qu'au centre.

Alluvions. — Les tourmalines lithiques se trouvent dans les alluvions des régions où existent les pegmatites sodo-lithiques. Je signalerai seulement deux gisements, Bilisy, dans la vallée de Sahatorendrika Alakamisy-Itenina, au Sud-Sud-Est de Fianarantsoa et la Belambo dans la région de Maevatanana, intéressants parce que l'on n'a encore trouvé aucun gisement en place de ces minéraux. La tourmaline y forme des cailloux parfaitement arrondis.

A Bilisy et à Alakamisy-Itenina, il s'agit de tourmalines zonées de vert et de rouge qui forment de gros cristaux du genre de ceux d'Anjanabonoina. Dans la Belambo, ce sont de petits fragments de rubellite transparente, d'un rouge magnifique, accompagnés de topaze, de cymophane, etc., qui proviennent certainement de pegmatites potassiques.

TOURMALINES FERRIFÈRES

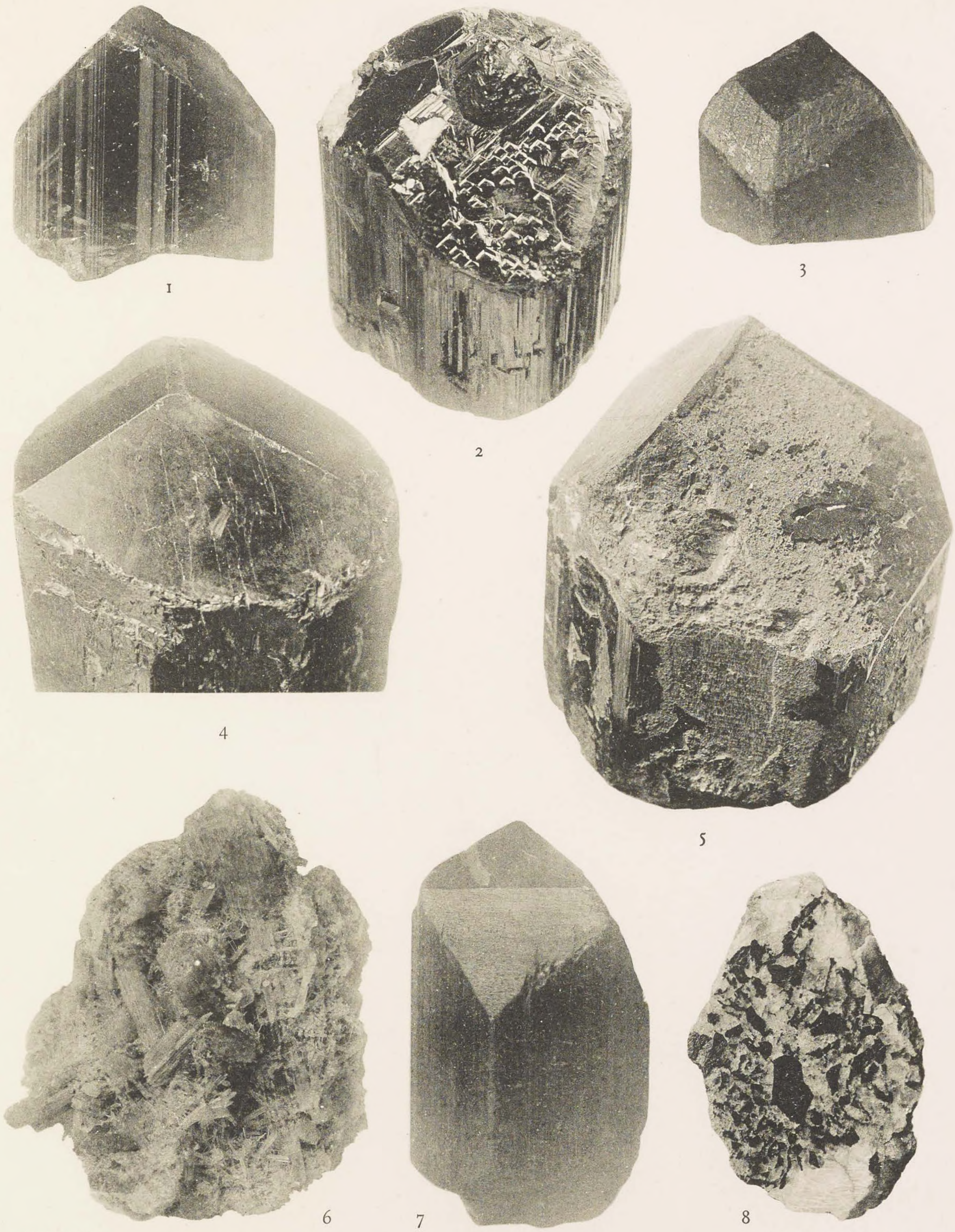
Les tourmalines ferrifères de couleur noire sont les plus fréquentes à Madagascar, puisqu'elles se trouvent dans toutes les catégories de pegmatite. Ce sont elles aussi qui forment les cristaux les plus grands ; à Sahanivotry, j'ai vu, en place, des cristaux engagés dans le quartz, ayant plus d'un mètre de longueur.

Les cristaux sont le plus souvent allongés et fréquemment très allongés suivant l'axe vertical. Dans ce cas, ils ont généralement une structure polysynthétique, se manifestant par des cannelures verticales qui peuvent rendre indistinctes les faces de la zone prismatique ; souvent aussi cette structure entraîne l'irrégularité des sommets [Tongafeno (fig. 331), Anjanabonoina] ; j'ai rencontré dans cette dernière localité des cristaux noirs, recouverts dans la zone prismatique par une croûte superficielle fibreuse, brune, soyeuse ; certaines des faces rhomboédriques ont subi un curieux arrêt de développement ; elles sont restées en creux et supportent de petites pyramides isolées de même hauteur, orientées comme la croûte extérieure (Pl. 20, fig. 5).

Plus rarement, les cristaux sont lenticulaires, comme ceux des tourmalines magnésiennes : p, a^1 b^1 d^1 e^2, ou p, traces de b^1, avec d^1 (dominant) et e^2 (Bas-Zomandao).

Les figures 333 à 335 représentent les formes les plus communes. Le pôle analogue

1. *Gazetta chim. italian.* XL, *parte* I, 1900.



Clichés Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Tourmaline lithique ; Anjanabonoina (fig. 1, 3, 7) ; Maharitra (fig. 6).
Tourmaline ferrifère ; Andreba (fig. 2), Kalanda (fig. 4), Anjanabonoina (fig. 5) ;
Ampangabe (pegmatite avec quartz) (fig. 8).

A. Challamel, éditeur

présente d'ordinaire, seules ou associées, les formes p, b^1, a^1, parfois e^1, le pôle antilogue offre e^1 comme forme la plus commune, avec parfois p, e^3 ($40\bar{4}3$, (fig. 341), $e^{2/13}$ (0558) (?) et les scalénoèdres $d^{3/2}$ ($325\bar{1}$) fig. 336, 338, 339), e_2 ($12\bar{3}2$) (fig. 305), e_4 ($325\bar{4}$) $e^{1/2}$ et, plus rarement [cristaux de Tongafeno décrits par M. Ungemach (fig. 330 à 332)], le scalénoèdre $e_{2/5}$ ($3.7.\overline{10}.2$), avec les prismes ($b^{1/5}\, d^{1/2}\, d^{1/3}$) ($71\bar{8}0$), ($b^{1/7}\, d^{1/2}\, d^{1/5}$) (3140), ($b^{1/7}\, d^{1/3}\, d^{1/4}$) ($10.1.\overline{11}.0$), ($b^{1/8}\, d^{1/3}\, d_{1/5}$) ($11.2.\overline{13}.0$). La figure 337 représente un cristal noir de forme exeptionnelle que j'ai vu jadis dans la collection Damour (peut-être appartient-il plutôt à un type magnésien ?).

J'ai observé la combinaison p, e^1, $e^{4/3}$, $e^{17/4}$ ($707\bar{9}$) sur de beaux cristaux drusiques d'Ankitsikitsika (fig. 340) qui constituent le passage des tourmalines ferrifères aux lithiques. Le cristal est bleu en lames minces comme beaucoup d'autres tourmalines malgaches du type ferreux. Il s'en trouve d'autres dont les teintes de polychroïsme sont violacées ou vertes (type ferrique); les zonages de couleurs différentes sont très fréquents. Il n'est pas rare de trouver des cristaux présentant des formes complètes (Pl. 20, fig. 4). A Vohitrakanga se trouvent de jolis cristaux cylindroïdes très allongés, et terminés à un pôle par e^1, $e_{1/2}$ et à l'autre par a^1, qui mesurent 7 centimètres $\times$ 1^{cm},5. (Type de la ligne 324).

Parmi les tourmalines, les ferrifères sont les plus réfringentes et les plus biréfringentes :

	n_g	n_p	$n_g - n_p$
Vohitrakanga.	1,6588	1,6343	0,0245
Tamatave[1].	1,692	1,657	0,035

Le gisement principal des tourmalines ferrifères se trouve dans les pegmatites; il est peu de celles qui seront énumérées dans le chapitre consacré à ces roches qui n'en renferment peu ou prou; je ne citerai ici que quelques localités se recommandant par la beauté ou les grandes dimensions de leurs cristaux.

Pegmatites potassiques. — Vallée de la Loky; Sud d'Ankavandra; Nord-Est de Miandrivazo; vallée de la Sakeny près Janjina; mont Tsinjomay; bord Est du Famoizankova; Mangalaza et mont Sarobaratra à l'Ouest de Tsinjoarivo; Ouest d'Ankazobe; Andreba (Est du lac Alaotra) (cristaux dont les faces présentent des pyramides triangulaires en relief limitées par p, b^1, e^3) (Pl. 20, fig. 43); Fefena et Tongafeno (très beaux cristaux (fig. 330, 332) arrivant à dépasser 10 centimètres suivant l'axe vertical et englobant parfois des trapézoèdres d'almandin-pyrope (fig. 377) (densité 3,179); massif du mont Bity [mont Tsilaizina, etc., et ses

1. Cf. P. Reiner, Beiträge zur Kenntnis der Turmalingruppe. *Inaugur. Dissert. Heidelberg*, 1913, p. 310.

alentours (vallée de la Sahatany)], Sahanivotry, etc.; Tainakoho à l'Ouest et Antanifotsy au Nord-Est d'Ambatofinandrahana; Andrangavola (fig. 336); environs d'Ambositra (fig. 339); Fiherenana; Ambatomainty au Sud de Betroka (densité 3,19 à 3,200); Fiadanana au Sud de Fianarantsoa; Ambahona au Sud-Ouest d'Ifempina; Vohitrakanga (cristaux très allongés suivant *c*, très homogènes; densité 3,17); région à l'Est de Benenitra (énormes cristaux); Kokomba et Sud-Est d'Ampotaka (Mahafaly); Sud-Ouest du Behampihotsy, affluent de la Linta; bas Zomandao (cristaux lenticulaires), etc.

Dans ces gisements, la tourmaline est un élément essentiel de la pegmatite; elle est englobée dans le quartz et dans le feldspath; fréquentes y sont les associations graphiques avec le quartz : Ampangabe (Pl. 20, fig. 8), Soavinarivo, Behampihotsy; Betioky, sur le Manambovo (Mahafaly); mont Kalapato, etc.

Les cristaux tapissant les druses sont moins fréquents (mont Tsaramanga à Tongafeno) (densité 3,17) (fig. 330 à 332).

La tourmaline forme aussi des agrégats bacillaires ou fibreux, à éclat soyeux,

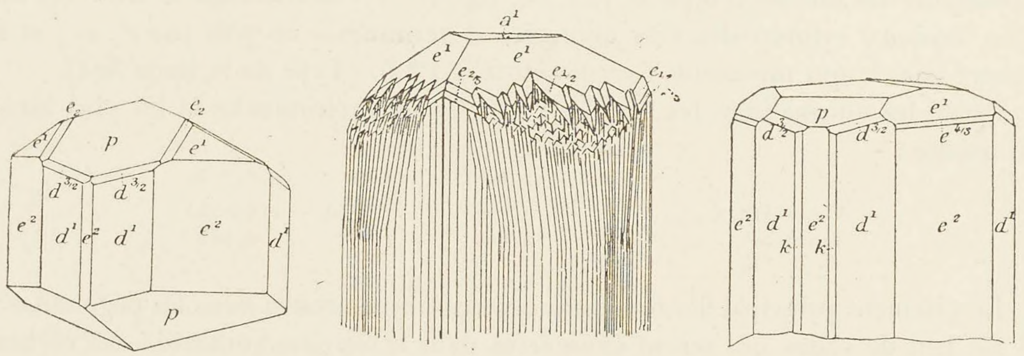


FIG. 330 à 332. — Tourmaline ferrifère de Tongafeno.

dont les individus élémentaires, grossiers ou extrêmement menus, sont souvent très allongés (massif du mont Bity) (densité 3,132), etc.

Pegmatites sodo-lithiques. — A l'inverse de ce qui vient d'être signalé dans les pegmatites potassiques, la tourmaline noire se trouve en beaux cristaux drusiques, à faces brillantes, dans beaucoup de gisements de pegmatites sodo-lithiques (Anjanabonoina, Tampombohitra, Marirano, Maharitra (densité 3,11), Ankitsikitsika (fig. 340), etc.).

Elle se trouve aussi comme élément de la roche et il n'est pas rare de voir dans celle-ci un cristal de tourmaline noire se terminer dans une crypte par une tourmaline lithique jaune ou plus rarement rouge (Tampombohitra); les tourma-

lines de ce type de pegmatite sont surtout ferreuses et présentent des passages ménagés aux tourmalines lithiques (voir page 430 l'analyse de celle de Tsilaizina), même en dehors des cas qui viennent d'être relatés. Ces tourmalines forment aussi des agrégats fibreux, comme ceux des tourmalines potassiques (Anjanabonoina).

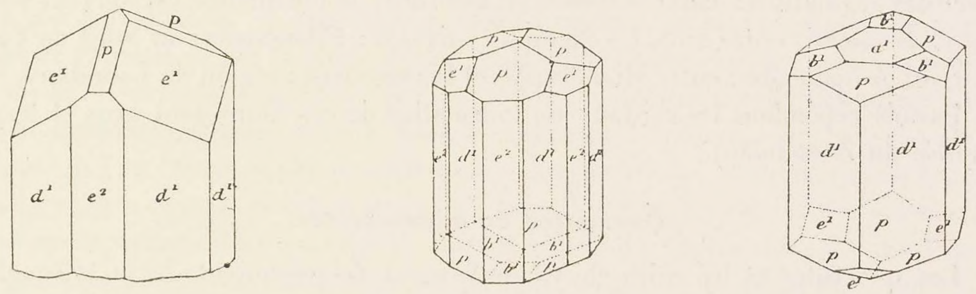


Fig. 333 à 335. — Formes communes.

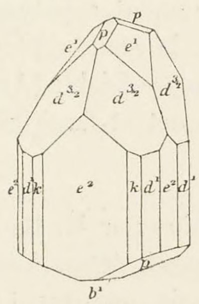


Fig. 336. — Andrangavola.

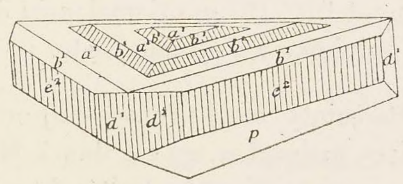


Fig. 337.

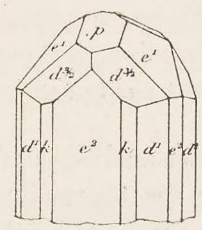


Fig. 338. — Forme commune.

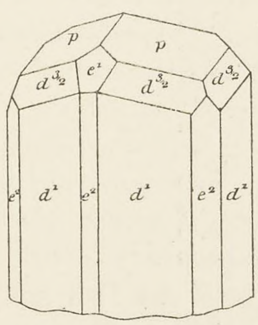


Fig. 339. — Région d'Ambositra.

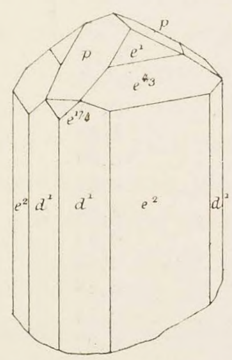


Fig. 340. — Ankitsikitsika.

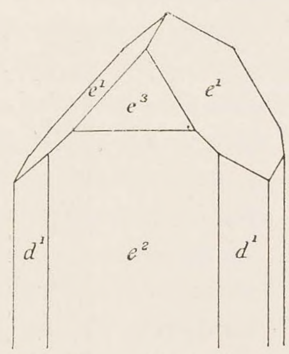


Fig. 341. — Vohitrakanga.

Tourmalines ferrifères noires.

Syénites potassiques. — Les fentes des aplites syénitiques potassiques d'Ambahy, dans la vallée de l'Imorona, renferment des cristaux drusiques de tourmaline,

noire, associés à de gros cristaux d'hématite et de muscovite ; on les trouve aussi complètement enveloppés dans des agrégats de petites lamelles de biotite.

Filons de quartz. — Les tourmalines ferrifères abondent aussi dans les filons de quartz dépourvus de feldspath, filons qui sont en dépendance plus ou moins étroite avec des pegmatites : dans ces roches (*schorl-rock*), la tourmaline est souvent aciculaire. Je citerai, entre cent, les exemples suivants : Fiherenana ; au Nord de Tananarive ; Ampangabe ; entre Miandrarivo et Inanatonana ; région de Laondany, etc.

Parfois cependant les cristaux de tourmaline de ces filons sont gros et trapus (vallée du Zomandao).

Quartzites et micaschistes.

Les quartzites et les micaschites renferment fréquemment de la tourmaline noire, non seulement comme élément essentiel, mais encore sous forme de filonnets ou de lits parallèles, véritables *tourmalinites*, uniquement constituées par des cristaux indistincts, parfois si petits que la cassure de la roche est terne et donne, au premier abord, l'impression d'une roche charbonneuse friable (Anjanabonoina, Kokomba ; mont Bity (flanc oriental près du sommet et flanc Sud-Ouest sur le sentier de Vohipisaka à Tsilaizina), etc.

Les analyses *a*) (Ambatomainty) et *b*) (Tongafeno) ont été faites par M. Raoult sur des tourmalines noires malgaches, *c*) est due à M. Jannasch (*Ber. Chem. Gesellsch.*, t. XXII, 1889, p. 219). Tous les traités de minéralogie renferment des analyses de tourmalines similaires.

	a	*b*	*c*
SiO^2	33,68	34,70	36,34
Al^2O^3	30,64	26,86	32,22
B^2O^3	10,21	9,92	10,87[1]
Fe^2O^3	4,83	4,48	»
FeO	10,65	11,39	8,31
MnO	0,41	tr.	»
MgO	3,52	5,68	3,92
CaO	0,42	1,12	0,79
Na^2O	2,23	1,55	3,14
K^2O	0,28	0,22	0,22
TiO^2	0,44	0,82	»
F	0,67	0,64	3,89 (F + H^2O +)
H^2O +	1,92	2,76	
	99,90	100,14	99,70
	3,185	3,17	3,195

1. 9,49, d'après G. Kalb. Über die chemische Zusammensetzung und Konstitution des Turmalins, *Inaug. Dissert. Göttingen*, 1890. — 10,53, d'après P. Reiner, *op. cit.*

TOURMALINES MAGNÉSIENNES

Le gisement des tourmalines magnésiennes est très circonscrit ; ces minéraux sont localisés dans des pyroxénites et dans des assises talqueuses, en relation avec des calcaires cristallins. A Madagascar, tout au moins, l'attention est appelée sur ce type de tourmaline par le mode de développement de ses cristaux : ceux-ci sont généralement raccourcis suivant l'axe vertical [1] et parfois même lenticulaires. Ce fait est frappant à Ambatomainty dans la vallée de l'Ivahona, au Sud-Est de Betroka, où l'on trouve, à peu de distance les uns des autres, des cristaux du type magnésien, très courts, pointant dans les fentes des pyroxénites, et des cristaux très allongés cylindroïdes suivant *c*, faisant partie de pegmatites. La densité, 3,05 pour les premiers, 3,185 pour les seconds, complète le diagnostic ; vus en masse, les deux sortes de cristaux ont la même couleur noire.

Dans les gisements considérés plus loin, les tourmalines magnésiennes sont jaunes, brunes, plus rarement elles sont vertes ou noires, mais dans ce dernier cas brunes en lames minces, non zonées et moins polychroïques que les types ferrifères.

Tous les cristaux que j'ai examinés ont été recueillis libres à la surface du sol ; quelques-uns d'entre eux sont creusés de cavités profondes, à surface courbe, qui font penser à de la calcite qui aurait été enlevée par dissolution.

Le type le plus caractéristique a été trouvé récemment dans le massif de Mosalahy, au Nord d'Ihosy. Les cristaux, que je dois à M. Rasamoel, très rarement verdâtres, varient ordinairement du jaune foncé au brun noir ; ceux qui sont de petite taille sont parfois assez transparents pour constituer une gemme. Ils atteignent jusqu'à 8 centimètres de plus grande dimension. Ils sont généralement bipyramidés, ce qui permet de constater leur hémimorphisme qui est d'autant plus net qu'au pôle analogue il n'existe que p, avec ou sans b^1, et plus rarement a^1, tandis qu'au pôle antilogue s'observent de nombreuses formes p (finement strié parallèlement à son intersection avec e^1 qui n'est pas toujours présent et qui est souvent réduit à de très petites facettes), b^1, $e^{1/2}$ $(01\bar{1}\bar{1})$, e^3 $(40\bar{4}3)$, enfin des scalénoèdres e_2 $(12\bar{7}2)$ et surtout $d^{3/2}$ $(32\bar{5}1)$ qui est très développé. L'hémimorphisme de e^2 est fort net ; ses faces sont cannelées verticalement, alors que d^1, plus développé, a ses faces unies et brillantes.

Certains cristaux présentent une structure singulière ; ils semblent formés par l'empilement de lames parallèles à d^1 et dont les bords constituent les profondes

1. Cette particularité n'est pas spécifique des cristaux de tourmalines magnésiennes, car les cristaux bruns (*dravite*) de Carinthie présentent un allongement notable suivant l'axe vertical.

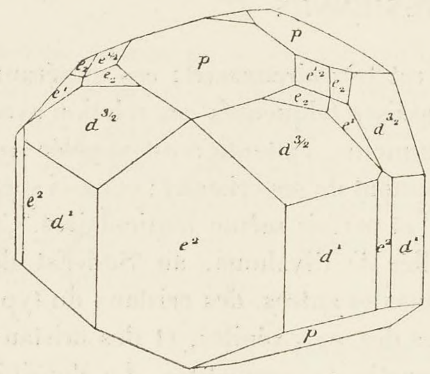


Fig. 342.

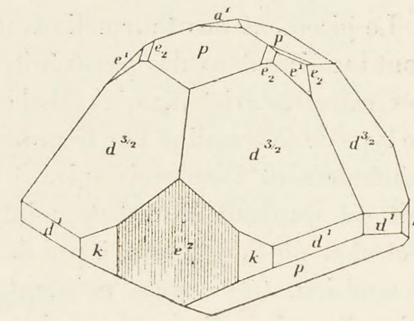


Fig. 343.

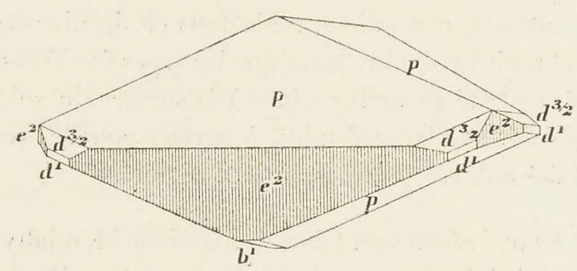


Fig. 344.

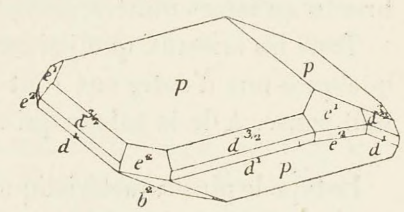


Fig. 345.

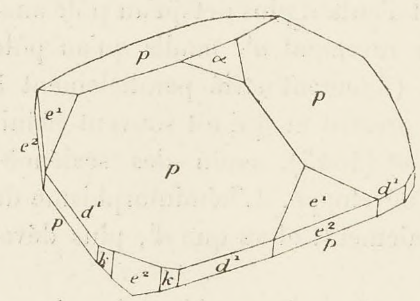


Fig. 346.

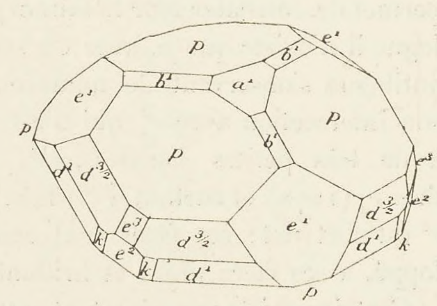


Fig. 347.

Fig. 342 à 347. — Tourmalines magnésiennes brunes de Mosalahy.

cannelures du prisme hémièdre ; les faces p présentent les stries indiquées plus haut au pôle antilogue, alors qu'au pôle analogue, elles sont parfois planes ou portent des figures d'accroissement losangiques en relief dont les côtés sont parallèles aux arêtes d'intersection pd^1.

Les figures 342 à 347 représentent les deux types que j'ai observés dans ces cristaux, les uns seulement raccourcis suivant c, les autres lenticulaires par suite de l'extrême réduction des faces de la zone verticale.

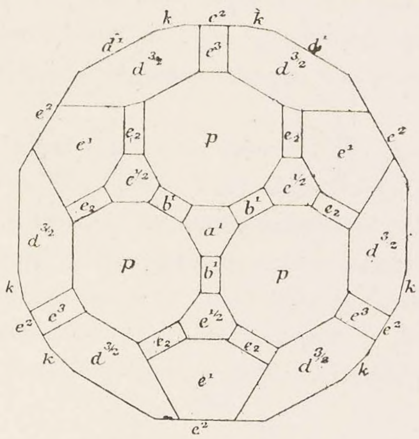


Fig. 348. — Projection sur la base des formes de la tourmaline de Mosalahy.

Ces figures ont été dessinées avec le développement théorique des faces, mais, en réalité, le plus souvent, l'interprétation des cristaux est compliquée, par suite de l'inégal développement de certaines de leurs faces et par la disparition de quelques autres ; c'est ainsi que j'ai rencontré un cristal, dans lequel une seule face e_2 a pris un développement de beaucoup supérieur à celui de p.

La tourmaline de Mosalahy présente une grande ressemblance avec certaines de celles de Ceylan ; sa densité est de 3,064 ; ses indices de réfraction (Na) ont les valeurs suivantes :

$$n_g = 1{,}6419 \; ; \; n_p = 1{,}6208 \; ; \; n_g - n_p = 0{,}0201$$

Le talc d'Ambohiponenana, dans le massif du mont Bity, englobe des cristaux de tourmaline atteignant un centimètre (densité 3,04) ; leur couleur est le brun presque noir ; ils contrastent avec les précédents par la simplicité de leurs formes, réduites à d^1 (avec quelquefois traces de e^2) et de p ; par suite ils ne sont point hémimorphes ; leur développement est le même suivant a et c de telle sorte qu'ils simulent un rhombo-dodécaèdre (fig. 349).

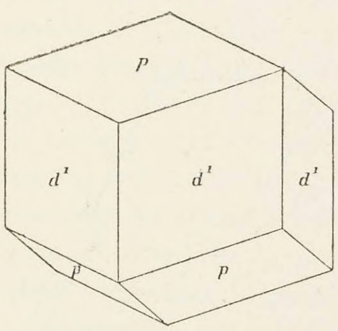


Fig. 349. — Tourmaline magnésienne d'Ambohiponenana.

Les veines pegmatiques à grands cristaux de phlogopite qui traversent les pyroxénites de Volonandrongo renferment de gros cristaux (8 à 10 centimètres) de tourmaline magnésienne, d'un brun noir, presque incolore en lames minces. Ils sont limités par des plans striés qui ne sont probablement que des impressions des minéraux enveloppants.

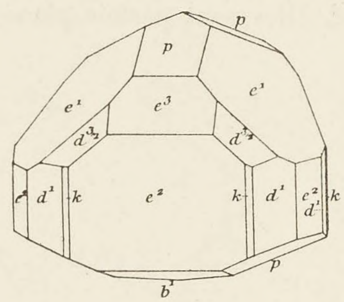


Fig. 350.

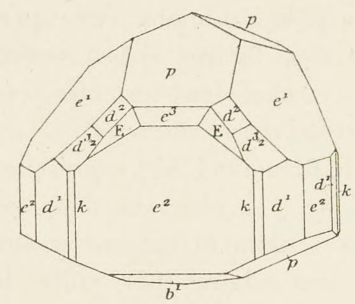


Fig. 351.

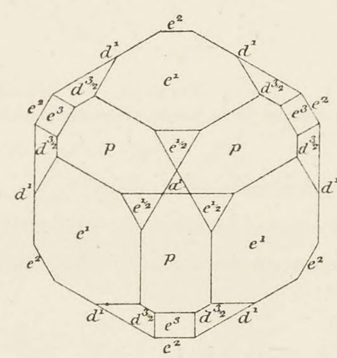


Fig. 352. — Projection sur la base.

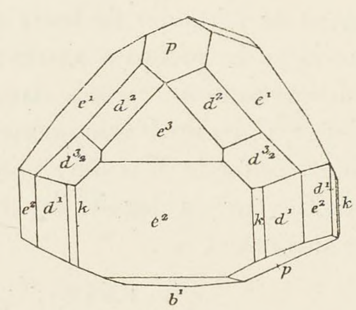


Fig. 353.

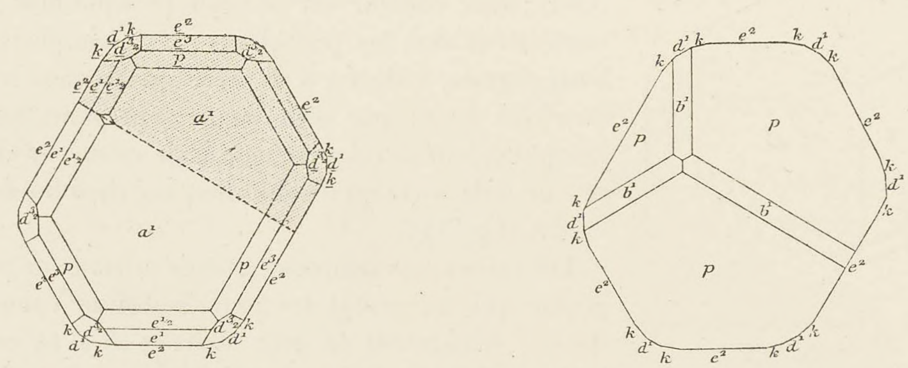


Fig. 354 et 355. — Projection sur la base des deux extrémités d'un groupement à axes parallèles.

Tourmaline magnésienne noire d'Ambatomainty.

Cette tourmaline englobe souvent une grande quantité de cristaux de diopside ; elle est aussi associée à la clinozoïsite, l'épidote et enfin à l'albite, avec laquelle elle constitue une structure graphique, dans laquelle elle joue le même rôle que le quartz dans la pegmatite feldspathique. Sa densité est de 3,06, plus faible que celle (3,15) de la tourmaline ferrifère noire des filons de pegmatite qui traversent la pyroxénite.

C'est à la tourmaline magnésienne qu'il faut rapporter la tourmaline, assez abondante au point de vue microscopique dans la pléonastite d'Antohidrano (voir page 325). Elle est brune et très foncée en lames minces, mais peu polychroïque ; ses cristaux sont très aplatis suivant la base, dont la forme est à section hexagonale, de telle sorte que leurs sections transversales se présentent sous la forme de baguettes allongées, dans lesquelles le maximum de polychroïsme a lieu parallèlement à l'allongement apparent ; aussi faut-il raisonner cette orientation pour ne pas commettre une erreur de diagnostic.

Enfin, je dois à M. Michaut et à M. Florens des cristaux de tourmaline jaune rougeâtre et translucides (densité 3,07), rappelant comme aspect celle de Gouverneur (New-York) ; mais ces cristaux sont réduits aux faces de la zone verticale, les extrémités portant l'empreinte de minéraux disparus sont couvertes de lamelles de graphite. Ces cristaux ont été recueillis dans les produits de lavage d'une exploitation de graphite à Besakay, au Nord de la station de Mahatsara, entre la rivière Sahanavo et la Marongolo, dans la forêt de l'Est, à environ deux jours à l'Ouest de Tamatave. Ils proviennent probablement de la décomposition d'un gneiss basique.

Le même type, mais un peu plus ferrifère, est représenté par les magnifiques cristaux de tourmaline noire d'Ambatomainty dont il a été question plus haut ; les figures 352 à 353 représentent leur aspect le plus habituel ; j'y ai trouvé les formes rares $e^{1/2}$ $(01\bar{1}1)$ et E ($b^{1/4}$ d^1 $d^{1/2}$) $(\bar{5}161)$; les figures 354 et 355 reproduisent un curieux cristal provenant du même gisement. Il est très aplati suivant la base, accompagnée au pôle antilogue par les rhomboèdres p, e^3, e^1, $e^{1/2}$. Cette extrémité du cristal est formée par un groupement à axes parallèles de deux cristaux, alors que le pôle opposé n'en comporte qu'un seul : les faces de ce cristal présentent de curieuses figures d'accroissement.

Ces cristaux très brillants d'un noir éclatant rappellent ceux de Pierrepont.

L'analyse a) a été faite par M. Raoult sur la tourmaline brune de Mosalahy ; je donne comme comparaison les analyses des tourmalines brunes : b) de Dobrowa par Rammelsberg (*Handb. Mineralchemie*, 2e suppl., 2e Aufl., 1895, p. 288.

c) de Macomb (New-York) et *d*) de Ceylan par Dittrich (*in* Wülfing et Becht. *Abh. Heidelberger Akad.*, 1913, Abh. n° 2).

	a	*b*	*c*	*d*
SiO^2	36,12	38,48	37,05	35,15
Al^2O^3	29,50	32,90	28,61	25,30
B^2O^3	10,37	11,15	10,28	11,47
Fe^2O^3	1,51	»	0,44	1,67
FeO	0,35	0,97	1,31	5,21
MnO	»	»	»	»
MgO	13,89	11,27	13,66	10,16
CaO	4,46	0,72	2,97	3,57
Na^2O	1,04	2,40	1,45	0,83
K^2O	0,04	0,48	0,31	0,28
Li^2O	»	»	»	0,15
TiO^2	0,29	»	0,62	3,43
F	0,58	0,64	1,25	0,12
H^2O	2,21	3,00	3,05	2,88
	100,39			
Densité	3,064	3,028	3,066	3,142

GROUPE DES HUMITES

Ce groupe comprend des minéraux d'aspect identique et ne pouvant être distingués les uns des autres que par les propriétés optiques, en l'absence de cristaux, qui sont toujours fort rares. Les paramètres cristallographiques varient, en même temps que la composition chimique. Les espèces constituant ce groupe sont les suivantes :

		a : *b* : *c*	*zx*
Prolectite	$Mg[Mg(F, OH)]^2(SiO^4)$?	$1,0803 : 1 : 3 \times 0,6287$	
Chondrodite	$Mg^3[Mg(F, OH)]^2(SiO^4)^2$	$1,0863 : 1 : 5 \times 0,6289$	90°
Humite	$Mg^5[Mg(F, OH)]^2(SiO^4)^3$	$1,0802 : 1 : 7 \times 0,6291$	
Clinohumite	$Mg^7[Mg(F, OH)]^2(SiO^4)^4$	$1,0803 : 1 : 9 \times 0,6258$	90°

Clivage distinct suivant *p* (001).

Dureté. 6. *Densité*. 3,1 à 3,2.

Propriétés optiques. Incolores, blanches, jaunes à brun rouge. Éclat vitreux. Le plan des axes optiques est parallèle à *p* (001) dans la humite *rhombique* ; il fait un angle de 11 à 15° avec cette

face dans la clinohumite, de 25 à 30° dans la chondrodite ; ces deux derniers minéraux, *monocliniques*, présentent fréquemment des macles suivant p (001).

Toutes ces espèces sont optiquement positives, la bissectrice aiguë est perpendiculaire à g^1 (010). La biréfringence est voisine de 0,032. Le polychroïsme est intense dans les variétés colorées, avec maximum suivant n_g et n_m (teintes jaunes). $n_m = 1{,}643$ (humite), 1,659 (chondrodite) 1,670 (clinohumite) ; $2V = 68°$ (humite) à 79° (clinohumite).

Propriétés chimiques. Au chalumeau, ces minéraux blanchissent sans fondre. Dans le tube ouvert, ils donnent avec le sel de phosphore les réactions du fluor. Ils font facilement gelée avec les acides.

Diagnostic. En l'absence de macles, ces minéraux ne peuvent être distingués de la forstérite que grâce aux réactions du fluor. Les propriétés optiques des cristaux maclés permettent d'établir un facile diagnostic entre eux.

GISEMENTS

Schistes cristallins.

Calcaires cristallins. — Les minéraux du groupe de la humite sont caractéristiques des calcaires cristallins à silicates magnésiens, ils y forment des grains arrondis dont la couleur varie du jaune pâle au jaune d'or foncé, grains pourvus d'un éclat vitreux lorsqu'ils sont intacts, mais qui deviennent ternes, opaques, bruns ou verdâtres quand ils sont serpentinisés. Ce cas est fréquent aux affleurements.

On trouvera dans le tome II l'énumération des gisements où se rencontre cette catégorie de calcaires cristallins à minéraux du groupe des humites. Je ne rappellerai ici que ceux du pays Mahafaly sur la route reliant Ejeda, Ampanihy et Ampotaka, parce qu'ils fournissent des échantillons qui, par leur beauté, peuvent rivaliser avec ceux des gisements classiques des États-Unis et de la Finlande. Les grains de humite et de chondrodite y atteignent 1 centimètre de diamètre et sont accompagnés de spinelle, de graphite, etc. Dans ce type de calcaires métamorphiques, ces divers minéraux forment exceptionnellement des masses entièrement silicatées.

GROUPE DES ÉPIDOTES

ZOISITE

$(SiO^4)^3Al^2\ [Al.OH]Ca^2$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a:b:c = 0{,}62164:1:0{,}34682$; $mm = 116°16'$. Clivages : parfait suivant g^1 (010), difficile suivant h^1 (100). Cassure inégale.

Dureté. 6. *Densité.* 3,25 à 3,36.

Propriétés optiques. Blanche, jaune, verdâtre ou rose (*thulite*). Éclat nacré sur le clivage facile, vitreux dans les autres directions. Transparente en lames minces.

Optiquement positive, la bissectrice aiguë est perpendiculaire à h^1 (100). Le plan des axes optiques est tantôt parallèle à g^1 (forte dispersion $\rho < v$) (zoïsite α), tantôt parallèle à p, avec dispersion moins grande (zoïsite β), $n_g = 1{,}7058$; $n_m = 1{,}7025$; $n_p = 1{,}7002$. L'écartement des axes est très faible.

Propriétés chimiques. La composition théorique est la suivante : SiO^2 39 ; Al^2O^3 33,7 ; CaO 24,6 ; H^2O 2,0.

Au chalumeau, gonfle et fond avec bouillonnement en un verre grisâtre. Dans le tube dégage un peu d'eau.

Difficilement attaquable par les acides.

Diagnostic. Les propriétés optiques et notamment la biréfringence permettent la distinction avec l'épidote ; le système cristallin est distinctif de la clinozoïsite.

GISEMENTS

Dans une amphibolite de Bekena (bassin de l'Ianapera), la zoïsite β, d'un blanc de lait, finement grenue, est associée à une smaragdite translucide d'un beau vert d'herbe.

La zoïsite existe en outre, comme élément microscopique, dans beaucoup de roches basiques de la Colonie.

EPIDOTE ET CLINOZOISITE

$(SiO^4)^3\ Al^2\ [(Al,\ Fe).OH]\ Ca^2$.

Propriétés cristallographiques. Monocliniques. $a:b:c = 1{,}58359:1:1{,}81536$; $zx = 64°33'$ (épidote). Macles souvent polysynthétiques suivant h^1 ; macle suivant p très rare. Clivages : très

facile suivant p, moins facile suivant h^1. Cassure inégale. Les cristaux sont toujours allongés suivant l'axe b.

Dureté. 6 à 7. Fragile. *Densité*. 3,22 (*clinozoïsite*) à 3,49 (*épidote très ferrifère*).

Propriétés optiques. Blanche ou jaunâtre, rose, jaune et verte de diverses nuances suivant la teneur en fer, vert noir dans les variétés très ferrifères. Éclat vitreux, un peu nacré sur le clivage p. Transparente ou translucide.

Plan des axes dans g^1 ; n_p fait avec l'axe vertical $+2$ à $3°$ (épidote) ou -2 à $3°$ (clinozoïsite) et même $11°$ dans les types absolument dépourvus de fer. Les indices de réfraction varient avec la teneur en fer. $n_g = 1,7677$ (épidote à 16 pour 100 de FeO), 1,7232 (clinozoïsite à 2 pour 100 de Fe^2O^3). $n_m = 1,7540$ et 1,7195 ; $n_p = 1,7305$ et 1,71716 pour les mêmes minéraux. La biréfringence est le caractère essentiel distinctif, 0,0372 pour l'épidote, 0,0056 pour la zoïsite. 2V (autour de n_p) $= 73°48'$ (épidote) à $99°50'$ (clinozoïsite). L'épidote est donc optiquement négative et la clinozoïsite optiquement positive. Polychroïsme intense dans les variétés colorées, avec maximum suivant n_g (transversal à l'allongement). Dans l'épidote, un axe optique est normal à p (phénomène des houppes), il s'écarte de plus en plus de cette direction à mesure que la teneur en fer diminue (clinozoïsite).

Propriétés chimiques. Les clinozoïsites sont les types se rapprochant comme composition de la zoïsite et renfermant moins de 3,2 pour 100 de Fe^2O^3 ; dans les épidotes, une quantité de plus en plus grande d'alumine est remplacée par de l'oxyde ferrique.

Plus ou moins fusible en une scorie noire magnétique, suivant la teneur en fer. A peine attaquable par les acides.

Diagnostic. Les formes et la couleur sont très caractéristiques ; les propriétés optiques rendent facile la distinction avec la zoïsite.

GISEMENTS

L'épidote ne se rencontre comme élément primaire dans aucune roche éruptive, à l'exception des filons de quartz hyalin en relation avec les pegmatites ; quand elle existe dans les roches éruptives, elle y constitue un minéral secondaire. Son principal gisement est dans les fentes des roches les plus diverses.

Filons de quartz et pegmatites.

Dans ces roches, l'épidote se présente en gros cristaux, allongés suivant b, ayant parfois plusieurs centimètres d'épaisseur ; ils sont d'un vert pistache foncé et fournissent de larges lames de clivage, très éclatantes, qui rappellent celles des cristaux bien connus d'Arendal. Par leur enchevêtrement, ils constituent parfois des masses à gros éléments, très fragiles. Comme exemple, je signalerai : le filon de quartz hyalin d'Ampangabe (cristaux distincts dans le quartz et cristaux enchevêtrés existant surtout sur le bord du filon) ; 30 kilomètres au Nord-Nord-Est

de Miakanjovato (très gros cristaux éclatants) ; environs de Mangily (haute vallée de la Loky) dans le quartz hyalin ; c'est probablement de ce dernier gisement ou de gisements analogues que proviennent des échantillons de quartz hyalin avec longues baguettes d'épidote de 12 centimètres de long que j'ai vus dans d'anciennes collections avec l'étiquette Vohémar.

Des masses grenues semblables se trouvent dans les éluvions de la pegmatite de Vohambohitra (Haute Betsiboka), d'Antanifotsy près Ampangabe (avec betafite), de la région de Midongy de l'Ouest, etc.

Enfin, il me reste à signaler de véritables pegmatites intercalées dans les amphibolites feldspathiques entre Ambakirano et l'Andrahara, sur les bords de la Mananjeby ; elles contiennent des cristaux d'épidote d'un jaune verdâtre de plusieurs centimètres de longueur, généralement engagés dans du quartz, mais faisant parfois saillie dans des cavités, en partie remplies par de la calcite rosée. Les faces de la zone d'allongement qui appartiennent à des formes communes, sont seules distinctes.

Fentes de roches diverses.

L'épidote tapisse les fissures des roches les plus diverses ; plus souvent elle est englobée par du quartz blanc qui remplit celles-ci. Les cristaux présentent deux types : le plus commun est identique à celui décrit plus haut, le second consiste en petits cristaux translucides, d'un vert moins foncé, et qui rappellent ceux des druses de l'Oisans.

Au Sud de la mine de cuivre d'Androta, entre le Fanambana et son affluent de gauche l'Antsahandrevo, se trouvent de beaux cristaux d'épidote qui tapissent les fentes d'amphibolite ou sont engagés dans du quartz laiteux, dont les filon-

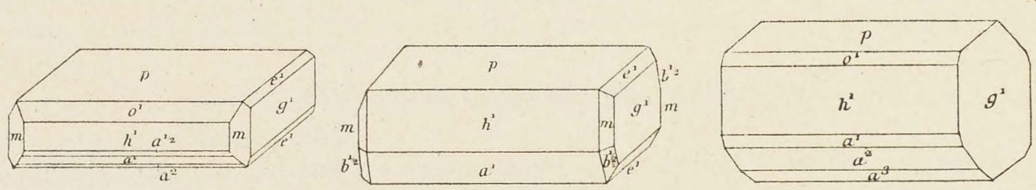


Fig. 356 à 358. — Épidote d'Androta.

nets traversent les amphibolites et les micaschistes. Seule ou associée à l'albite, l'épidote forme aussi des agrégats miarolitiques à gros éléments renfermant des cristaux nets.

Ceux-ci, simples ou maclés suivant h^1, présentent de nombreuses formes

dans la zone d'allongement p, e^1, h^1, a^1, a^2, a^3, et sont terminés ou bien par g^1, avec (fig. 356 et 357) ou sans (fig. 358) m, e^1 et $b^{1/2}$ (fig. 358), ou bien par v ($b^1 b^{1/3} h^{1/2}$) ($\bar{2}12$), avec parfois la pyramide nouvelle θ ($b^{1/4}$ $b^{1/6}$ $h^{1/5}$) ($\bar{5}15$) [g^1 θ 105°53′ calc., 105°40′ mes.] (fig. 359 à 360).

Dans la même région, au Nord-Est d'Andrakafo (rive gauche du Fanambana), M. Fievet, qui m'a documenté sur cette région, a recueilli des fragments de

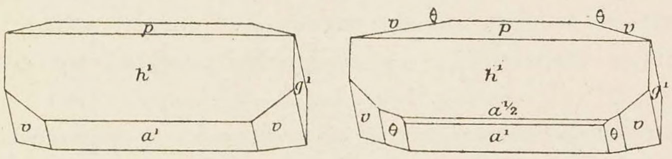


FIG. 359 et 360. — Épidote d'Androta.

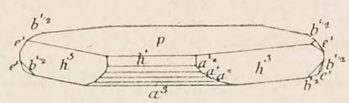


FIG. 361. — Épidote du mont Hiaranandriana.

cristaux d'épidote mesurant 12×6 centimètres ; les macles suivant h^1 sont fréquentes ; seules des faces de la zone d'allongement ont été observées [p, o^1, o^5 (105), h^1, a^1, $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), $a^{1/3}$ ($\bar{3}01$)]. Ces cristaux fournissent de larges clivages basiques, remarquablement éclatants.

De gros cristaux ont été rencontrés dans le quartz à Ambohimalaza, au Sud-Est de Maroantsetra (baie d'Antongil).

J'ai signalé autrefois de jolis cristaux d'épidote de 1^{cm},5 de longueur, trouvés avec quartz au mont Hiaranandriana, près Amboasary (région de Tananarive). h^1, h^3 (210), p, a^2, a^1, e^1, $b^{1/2}$ (fig. 361).

Des cristaux d'un tout autre aspect, associés à du quartz hyalin et rappelant ceux de l'Oisans (figure 357 et 358), tapissent les fentes des quartzites au Sud de la Manandona, en aval du confluent de la Sahatany. Dans les fentes des amphibolites, entre Ambohimanjaka et Ambodifiakarana (Sud d'Antsirabe), de jolis cristaux ayant parfois des faces courbes, et comme arrondies par dissolution, sont tantôt aplatis suivant p (fig. 362 et 363) et tantôt suivant h^1.

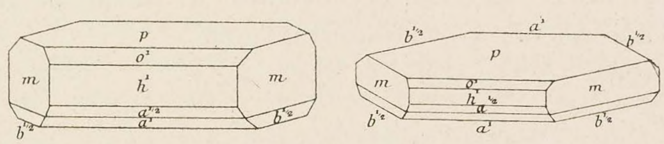


FIG. 362 et 363. — Épidote d'entre Ambohimanjaka et Ambodifiakarana.

Je rapporte avec quelque doute au même type de gisements les épidotes suivantes que j'ai observées dépourvues de toute gangue.

D'Andohabatokely, au Sud de Betafo, j'ai vu des fragments de gros cristaux de

1 décimètre, maclés suivant h^1, du type des figures 356 et 357, qui présentent les combinaisons p, o^5 (105), $o^{1/2}$ (201), h^1, a^3, a^1, $a^{2/3}$ ($\bar{3}$02), m et $b^{1/2}$.

De grands cristaux brisés, de 4 à 5 centimètres, à faces ternes et un peu arrondies, souvent groupés à axes parallèles, ont été recueillis dans la terre rouge, au Sud d'Itorendrika (sur l'Imorona). Je signalerai aussi des cristaux analogues accolés, sans formes distinctes, provenant de la région des mines de l'Imaina.

Les figures 364 à 366 représentent les formes de cristaux, simples ou maclés, provenant du col d'Ikelivolana (Betsiriry) ; ils atteignent 1 centimètre de longueur.

Des veines d'épidote bacillaire, d'un vert sombre (4 à 5 centimètres d'épaisseur) traversent les gneiss du mont Lehisada (Lesada) au Nord-Ouest de Midongy.

Je dois à M. Lasnier une masse d'épidote bacillaire, à baguettes divergeant d'un centre, provenant des environs d'Ambatondrazaka : les baguettes, d'un vert jaune, atteignent 10 centimètres de longueur.

Il me reste à signaler de curieux échantillons, trouvés par M. Rossi à Amborompotsy, au Nord-Est de Midongy. Ils sont formés par des cristaux aplatis (4 à 5 cen-

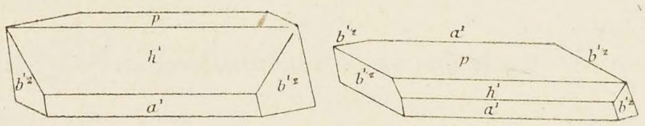


Fig. 364 et 365. — Épidote du col d'Ikelivolana.

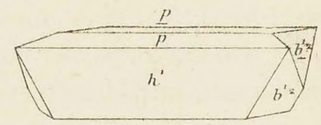


Fig. 366. — Épidote du col d'Ikelivolana. Macle suivant h^1.

timètres), mais sans formes distinctes autres que la face d'aplatissement, enchevêtrés pour former des agrégats cloisonnés brunâtres. La face d'aplatissement est assez oblique sur un axe optique, la biréfringence est celle de la clinozoïsite et c'est probablement à ce minéral qu'il faut la rapporter, bien que la formule que l'on peut déduire de l'analyse ci-contre (M. Pisani) ne soit pas rigoureusement celle d'une épidote. La densité est de 3,35.

(SiO^2 : Al^2O^3 : (Ca, Fe, Mg)O : H^2O = 11 : 7 : 9 : 3, au lieu de 12 : 6 : 8 : 2)

SiO^2	33,28
Al^2O^3	30,68
Fe^2O^3	4,90
FeO	5,94
CaO	19,40
MgO	1,08
Alcalis	0,32
H^2O	2,65
	99,25

Roches éruptives.

L'épidote est fréquente comme produit secondaire dans la masse même de beaucoup de roches éruptives ; elle s'y trouve en cristaux verts ou quelquefois d'un jaune citron, qui sont généralement de très petite taille quand ils s'isolent dans des géodes ; leurs formes ne sont pas toujours faciles à déterminer.

J'ai trouvé de jolis cristaux translucides du même minéral, associés à la prehnite, sur les cristaux d'analcime qui tapissent les cavités d'une monchiquite du ravin d'Antsohanina (massif de Bezavona).

Les amphibolites d'Ankaramy, sur la rive droite de la Mananjeby, renferment de l'épidote sous une forme exceptionnelle. Elle constitue de larges alvéoles à structure cloisonnée (épigénie d'amphibole ?) constituées par l'enchevêtrement de petits cristaux jaune citron qui pointent dans les cavités.

Schistes cristallins.

Epidotites. — L'épidote, d'un jaune vert clair, est l'élément essentiel d'épidotites compactes intercalées dans les micaschistes, les unes constituent une transformation d'amphibolites feldspathiques (Ivongo, vis-à-vis l'île Sainte-Marie ; rivière Fanambana, etc.), les autres résultent du métamorphisme de calcaires marneux (voir tome II).

A Fandrianomby dans la région de Fénérive se trouve une roche jaune formée de petits grains transparents d'épidote et de quartz.

Pyroxénites. — L'exploitation de la pyroxénite de Volonandrongo pour l'extraction de la phlogopite a fait découvrir un gisement d'épidote et de clinozoïsite qui est tout à fait remarquable. Ces minéraux se présentent sous les aspects les plus divers [1] : agrégats miarolitiques de cristaux incolores, légèrement jaunâtres et transparents ayant individuellement de 1 centimètre à $1^{cm},5$ de longueur sur 1 ou 2 millimètres de diamètre ; croûtes recouvertes de groupements à axes parallèles ou à disposition flabelliforme de cristaux enchevêtrés, ayant jusqu'à 5 centimètres de longueur : cristaux de couleur vert olive clair, jaunes ou rosés ; buissons enchevêtrés de larges baguettes polysynthétiques, roses au centre, d'un vert pâle à la périphérie (Pl. 22, fig. 8) ; masses bacillaires et divergentes d'aiguilles roses et vertes, plus rarement d'un blanc jaune verdâtre, ayant jusqu'à 10 centimètres de longueur ; masses grenues d'un rose vif, rappelant celui de la thulite de Telemark

1. Ces variations de couleur et d'aspect sont très analogues à celles qui ont été décrites par M. F. Zambonini dans la clinozoïsite et l'épidote de Chiampernotto (Val d'Ala) (*Boll. R. Comit. geol. d'Italia*, t. XLVII, 1920, p. 65). Comme dans ce gisement, elles ne sont pas en relation nécessaire avec la teneur en fer.

(Norvège), etc. Il faut encore signaler des agrégats d'aiguilles blanches, d'un vert clair, ou roses qui recouvrent d'énormes cristaux de diopside et de phlogopite et qui, par la disparition de ceux-ci, constituent parfois des sortes de boîtes à intérieur lisse, représentant en creux la forme du pyroxène ou du mica (Pl. 22, fig. 3).

Ces échantillons, à structure miarolitique, ou à allure drusique, se sont en réalité formés au milieu de calcite laminaire qui, ensuite, a plus ou moins complètement disparu par dissolution.

Les mêmes minéraux, en masses fibreuses, d'un beau rose, sont quelquefois enveloppés à l'état de nodules, dans une roche d'albite et de tourmaline. Enfin,

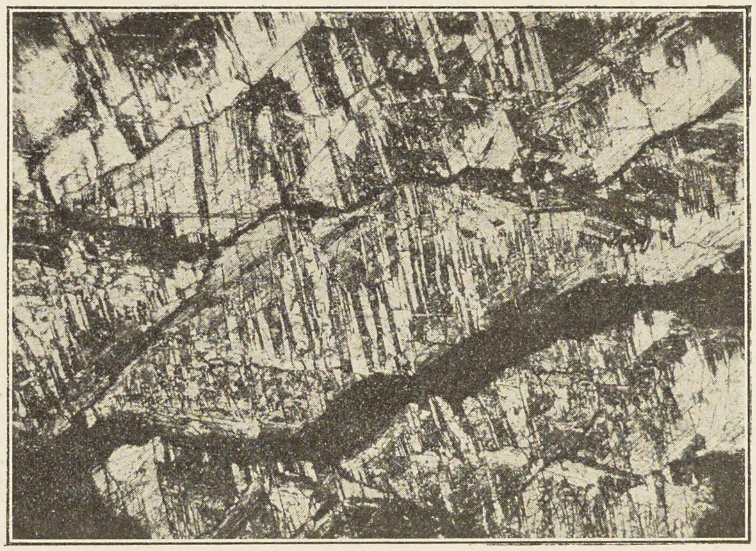


Fig. 367. — Macles polysynthétiques de la clinozoïsite de Volonandrongo (Lumière polarisée parallèle).

on les trouve aussi sous ces différentes variétés en fragments englobés dans de l'opale secondaire. Tous les cristaux étant formés par des groupements à axes plus ou moins parallèles d'un grand nombre d'individus maclés, il est extrêmement difficile de préciser leurs formes à l'aide de mesures précises.

L'étude optique montre que toutes ces variétés ont pour caractéristique commune d'être formées de macles polysynthétiques, très répétées [1] à la façon de celles des plagioclases (fig. 367). Seules, les variétés de couleur très pâle ont les proprié-

1. Je ne connais une telle abondance et une telle constance de macles dans aucune autre clinozoïsite ; elles rendent impossible l'obtention de lames de clivages assez larges pour permettre d'étudier les variations de leur obliquité sur un axe optique de l'épidote à la clinozoïsite. Ce caractère, dont j'avais signalé autrefois l'intérêt, vient d'être préconisé par M. Zambonini (*op. cit.*) pour le diagnostic de ces minéraux.

tés de la clinozoïsite ; les variétés très vertes, aussi bien que les très roses, en dépit de leur ressemblance extérieure avec la thulite, sont des épidotes. L'association fréquente des deux minéraux dans un même cristal rend aisée la comparaison de leurs propriétés optiques et notamment la position de n_p, dans l'angle aigu (épidote) ou dans l'angle obtus (clinozoïsite) de l'angle de 2 à 3° que le clivage *p* fait, dans g^1, avec la trace de la macle suivant h^1 ; l'épidote est toujours à l'extérieur du groupement.

Gisements métallifères.

J'ai examiné quelques gros cristaux d'épidote engagés dans la chalcosite de Manindroa près de Tongafeno, dans la malachite de Mandro, dans le quartz et l'érubescite d'Androta.

L'analyse suivante à été faite par M. Raoult sur la clinozoïsite verdâtre de Volonandrongo, ses baguettes sont bordées par une zone d'épidote qui n'a pu être isolée ; elle explique la teneur en fer ferrique trop élevée (la limite des deux minéraux se fait au voisinage de 3,2 pour 100 de Fe^2O^3).

SiO^2	38,20
TiO^2	0,07
Al^2O^3	29,46
Fe^2O^3	5,85
Mn^2O^3	0,23
FeO	0,69
MgO	0,06
CaO	24,50
Na^2O	0,13
K^2O	0,07
H^2O	3,00
	100,26
Densité	3,225

ALLANITE (ORTHITE)

$(SiO^4)^3$ (Al, Ce)^2 [(Al, Ce).OH] (Ca, Fe)^2.

Propriétés cristallographiques. L'allanite (orthite) est une épidote cérifére dont les propriétés cristallographiques sont analogues à celles des minéraux étudiés plus haut. Le nom d'*allanite* est réservé aux petits cristaux, tabulaires suivant h^1, tandis que celui d'*orthite* désigne les très gros cristaux des pegmatites souvent hydratés par altération.

Dureté. 6. *Densité.* La densité normale est voisine de 4 (4,15), mais tombe jusqu'à 2,5 par suite d'altération progressive.

Propriétés optiques. Noire de poix, avec parfois une teinte verdâtre. Éclat vitreux un peu gras. Poussière gris verdâtre. Brune en lames minces.

Optiquement négative, plan des axes optiques parallèle à g^1 ; bissectrice aiguë faisant environ 32° avec l'axe vertical dans l'angle aigu ph^1. Quand la densité tombe au-dessous de 3,5 et que l'indice médian est plus petit que 1,70, le minéral est monoréfringent (par suite d'hydratation). Polychroïsme énergique dans les teintes brunes.

Propriétés chimiques. Une analyse est donnée plus loin d'une orthite malgache, s'éloignant un peu du type normal.

Ce minéral est souvent plus ou moins altéré par hydratation, aussi donne-t-il de l'eau dans le tube. Fusible en un verre noir magnétique.

Plus ou moins attaquable par les acides en faisant gelée, surtout quand le minéral est hydraté ; donne les réactions des terres cériques (et parfois faiblement celles du titane) avec celles de l'aluminium et du calcium. N'est plus attaquable après calcination.

Diagnostic. Ce minéral ne doit pas être confondu avec la tscheffkinite de même couleur qui donne d'une façon très intense les réactions colorées du titane ; il se distingue de l'*euxénite* intacte par sa fusibilité et par sa densité plus faible, son éclat moins vif.

GISEMENTS

Pegmatites. — L'orthite forme dans les pegmatites malgaches, comme dans celles de Norvège, de gros cristaux noirs à éclat gras très éclatant, dont le poids atteint plusieurs kilogrammes, mais qui sont généralement dépourvus de formes géométriques.

Aux affleurements, le minéral est d'ordinaire altéré ; ses blocs recueillis dans la terre rouge sont fragiles et colorés extérieurement en jaune clair ou en brun rouge : ils sont parfois cloisonnés, et s'attaquent alors facilement par les acides.

Je citerai les gisements suivants : Tsarahafatra au Nord-Est d'Ankazobe ; Fiadanana (variété un peu titanifère), Sama, Ranomafana et Ambatofotsikely, dans le Mandridrano ; Tsarazafy près Belamosina ; Mananjara, au Sud-Est du mont Vohitrambo, aux sources de la Sahatany ; un gisement imprécis à l'Ouest de Tamatave ; 15 kilomètres Nord-Est de Midongy de l'Ouest et Ambarivondrona (20 kilomètres Sud-Ouest d'Amborompotsy) ; Isoanala au Sud-Ouest de Betroka (avec tscheffkinite).

J'ai fait analyser (par M. Pisani) l'allanite d'Ambatofotsikely (densité 3,4).

SiO^2	32,00
ThO^2	5,60
Al^2O^3	12,40
Ce^2O^3	9,08
$(La, Di)^2O^3$	7,38
Y^2O^3	0,40
Fe^2O^3	4,50
FeO	11,60
MnO	0,50
MgO	0,54
CaO	15,58
H^2O	1,24
	100,82

Cette analyse conduit à une formule différente de celle de l'orthite, celle d'un orthosilicate acide de forme comparable à celle de l'axinite.

$$[(Si, Th)O^4]^{11} (Al, Ce, La, Di, Fe)^8 (Ca, Fe, H^2)^{10}.$$

Ce minéral est remarquable par sa haute teneur en thorine ; il est par suite radioactif, comme d'ailleurs la plupart des orthites malgaches.

La forme *allanite*, en petits cristaux (3 à 4 millimètres) qui sont généralement biréfringents, à l'inverse des grosses masses dont il vient d'être question, se trouve dans la pegmatite aurifère de Soavinarivo.

Granites. — C'est sous cette même forme que l'allanite existe dans les granites.

Sur la route de Tananarive à Anjozorobe, un peu avant le village d'Ambohitrolomahitsy et aux environs de Tatamokely, le granite est piqueté de petites taches rouges, au centre desquelles on voit à la loupe un cristal noir d'allanite qui, en se dilatant par suite d'un commencement d'hydratation a fait éclater en étoilement le feldspath qui l'enveloppe, comme cela a lieu pour le quartz englobant la betafite dans l'échantillon représenté par la figure 7, de la planche 16.

Enfin, des cristaux zonés de diverses nuances de brun constituent un élément microscopique d'un grand nombre de granites de l'île ; parfois ils englobent des cristaux de zircon (seuil de Farahantsana ; entre Ambatolampy et Antsirabe, etc.).

II. ORTHOSILICATES

GROUPE DES PÉRIDOTS

FORSTÉRITE	OLIVINE
SiO^4Mg^2	$SiO^4(Mg,Fe)^2$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. Tous les péridots ont des paramètres voisins. Ceux de l'olivine sont $a : b : c = 0,58646 : 1 : 0,46573$; $mm = 119°13'$; $g^3g^3 = 80°54'$; e^1e^1 s, $p = 130°3'$.

Clivages : plus ou moins facile suivant g^1, difficile suivant p. Cassure conchoïdale.

Dureté. 6,5 à 7. *Densité*. 3,21 (*forstérite*) à 3,38 et au delà, croissant avec la teneur en fer.

Propriétés optiques. Blanches (*forstérite*), jaunes, ou vertes (*olivine*). Par altération, deviennent jaunes ou rougeâtres. Éclat vitreux, transparentes ou translucides.

Optiquement positives; plan des axes optiques parallèle à h^1. Bissectrice aiguë perpendiculaire à p. Les indices de réfraction et la biréfringence croissent avec la teneur en fer; $n_m = 1,657$ (*forstérite*), 1,692 (*olivine*), en même temps que l'écartement des axes optiques autour de n_p; 2V est voisin de 90° dans la plupart des olivines.

Propriétés chimiques. La composition théorique de la forstérite est SiO^2 42,9; MgO 57,1; une proportion variable (5 à 15 pour 100) de FeO remplace une quantité équivalente de magnésie dans l'olivine.

Infusibles au chalumeau, sauf dans les péridots renfermant de 25 à 30 pour 100 de FeO (*hyalosidérite*).

Très facilement attaquées par les acides en faisant gelée.

Diagnostic. Les propriétés optiques, la forme et la propriété d'être facilement attaqués par les acides en faisant gelée (avec réactions de la magnésie et du fer) sont spécifiques des péridots.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Péridotites et gabbros. — L'olivine pauvre en fer est l'élément essentiel des

péridotites. On verra, tome II, qu'à Madagascar celles-ci sont généralement transformées en serpentines.

Les échantillons d'olivine parfaitement frais ou partiellement rubéfiés par suite du développement d'hématite, n'ont été rencontrés que dans les enclaves homoeogènes grenues (*nodules à olivine*) des basaltes et des ankaratrites : Camp d'Ambre (Lac Mahery) ; Nosy Be (notamment aux environs d'Hellville) ; Nosy Mitsio ; la Sakamena, etc.

Certains de ces nodules sont presque entièrement constitués par de l'olivine, alors que d'autres renferment une petite quantité de bronzite, de diopside chromifère et de spinelle.

Les *gabbros à olivine* sont extrêmement abondants à Madagascar et je renvoie au chapitre de Lithologie (tome II) pour les particularités microscopiques qu'y présente le péridot. Celui-ci n'y est généralement pas visible à l'œil nu, sauf dans des roches spéciales, telles que l'*allivalite* du mont Fonjay, où elle est jaune d'or, ou la *troctolite* de l'Anabohitsy, où elle est d'un noir un peu rougeâtre.

Dans des enclaves micro-essexitiques des syénites néphéliniques de Nosy Komba, l'olivine est quelquefois visible à l'œil nu en gros grains jaunes ; elle est remarquable par ses épigénies progressives en un mélange de biotite et d'augite. Elle se rencontre avec des particularités identiques dans les syénites néphéliniques à augite aegyrinique et biotite de la même île.

Roches volcaniques. — L'olivine est caractéristique d'un grand nombre de roches volcaniques basiques ; basaltes, ankaratrites. Quelques-unes de ces roches méritent une mention spéciale parce que le minéral s'y présente en cristaux jaunes d'assez grande taille pour pouvoir être vus à l'œil nu, tel est particulièrement le cas de beaucoup de basaltes et d'ankaratrites du massif de l'Ankaratra (notamment le Tsiafajavona), de l'Itasy, du Massif d'Ambre, de Nosy Be, de la Grande Comore, etc. (voir tome II).

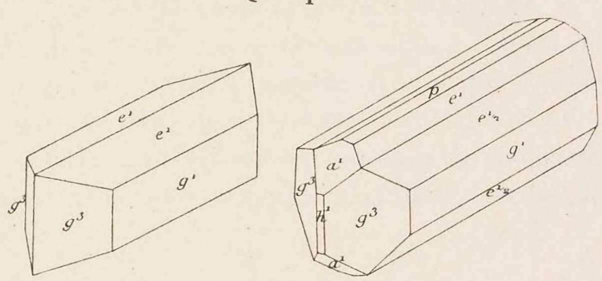


Fig. 368 et 369. — Olivine. Formes communes.

Dans toutes les régions basaltiques, l'olivine, en grains transparents, se trouve dans les tufs et dans le sable des rivières.

Le type de l'ankaramite du Nord d'Ankaramy renferme des cristaux d'olivine atteignant 1 centimètre, associés à des cristaux d'augite verte, plus gros encore.

La couleur de cette olivine est d'un jaune blanchâtre, par suite de la grande abondance de la calcite secondaire, qui remplit toutes ses fissures.

Schistes cristallins.

Calcaires cristallins. — La *forstérite* se rencontre exclusivement dans les calcaires magnésiens ; elle y forme des grains irréguliers que des essais chimiques seuls permettent de distinguer de la humite.

Ces deux minéraux sont d'un jaune paille ou incolores. Ils sont toujours accompagnés par des octaèdres de spinelle.

Je renvoie au tome II pour l'énumération des gisements dans lesquels j'ai trouvé ce minéral dont les grains dépassent rarement 4 millimètres de diamètre.

FAYALITE

SiO^4Fe^2.

La fayalite est le péridot exclusivement ferrifère ; toutes ses propriétés sont celles données plus haut pour le péridot magnésien ou ferromagnésien, sauf que sa densité (4,14) sa réfringence et sa biréfringence sont plus grandes et que le signe optique est négatif, la position des axes d'élasticité étant d'ailleurs la même que pour les autres péridots.

GISEMENTS

A Madagascar je ne connais la fayalite que comme élément de roche dont l'existence n'a pu être mise en évidence que par l'examen microscopique, mais, là où l'on trouve ce minéral, il est très abondant.

Je citerai à cet égard les *laurvikites* du massif de Bezavona, le type spécial de *dellénites* de quelques gisements de l'Androy (Vohimasina) et enfin certains trachytes de l'Ankaratra, dont on trouvera la description dans le tome II.

DANBURITE

$(SiO^4)^2B^2Ca$.

Propriétés cristallographiques. $a : b : c = 0{,}54444 : 1 : 0{,}48074$; $mm = 122°52'$; $pa^1 = 139°33'$. Clivage p, à peine distinct. Cassure inégale.

Dureté. 7. *Densité.* 2,97 à 3,02.

Propriétés optiques. Incolore, jaune vineux, jaune foncé. Éclat vitreux un peu gras. Transparente ou translucide.

Plan des axes optiques parallèle à p. Bissectrice aiguë perpendiculaire à g^1 (pour le rouge et le vert) (le minéral est optiquement négatif) et perpendiculaire à h^1 pour le bleu (le minéral est optiquement positif). 2V voisin de 90°.

Propriétés chimiques. La composition théorique est : SiO^2 48,8 ; B^2O^3 28,4 ; CaO 22,8.

Fusible en un verre incolore, avec coloration de la flamme en vert.

Après calcination, fait gelée avec les acides.

Diagnostic. Ressemble à la topaze ; s'en distingue par l'extrême difficulté du clivage basique, par une densité plus faible, par les réactions de l'acide borique et l'absence de celles du fluor.

GISEMENTS

Pegmatites. — J'ai rencontré tout d'abord [40] la danburite dans la pegmatite sodo-lithique de Maharitra ; cela a été le premier exemple de l'existence de ce minéral dans une roche de ce type. Aux États-Unis, on la trouve dans des veines feldspathiques associées à des calcaires cristallins ; dans les Grisons, au milieu de druses de quartz dans le gneiss ; au Japon dans un filon métallifère.

Ses cristaux, mesurant de 1 à 3 centimètres en moyenne, sont incolores ou jaunâtres et de coloration variable d'une extrémité à l'autre (Pl. 22, fig. 7 et 9). Quelques cristaux plus gros atteignent 6 centimètres ; ils sont d'un jaune vineux uniforme. Tous présentent les formes m, h^1, g^3 ; ils sont terminés par p, avec parfois en outre de petites faces a^1 et g^1 (fig. 370 et 371).

Ces cristaux sont généralement corrodés ; l'altération commence par les extrémités, ce qui explique la rareté des pointements distincts. Ils ont été surtout rencontrés avec béryl et triphane dans la masse même de la pegmatite dont les feldspaths étaient transformés en une halloysite rosée, mais ils existent aussi à l'état drusique dans les cryptes, englobés, avec rubellite, dans les cristaux de quartz.

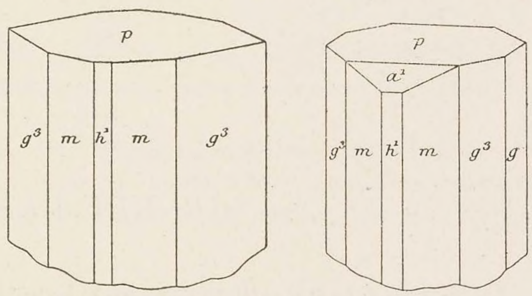


Fig. 370 et 371. — Danburite de Maharitra.

A Antandrokomby, je n'ai recueilli ce minéral que comme élément de roche ; ses cristaux, d'un jaune rosé, associés au triphane, sont englobés dans l'albite, qui semble corroder du microcline.

La danburite en fragments transparents, informes ou en cristaux brisés (densité 3,013), a été trouvée dans la terre rouge à Imalo, avec hambergite, béryl et amazonite. Elle constitue une rareté à Anjanabonoina, sous forme de fragments

déchiquetés à arêtes aiguës (jaune d'or, jaune paille), transparents, présentant des corrosions comparables à celles du béryl représenté par la figure 1 de la planche 25.

Enfin, je viens de trouver la danburite dans la pegmatite à amazonite prospectée par M. Pachoud à Sahasonjo, au Nord-Est d'Andina, près du gué de Vatomarina (route d'Ambositra à Ambatofangehana); elle y forme de gros cristaux sans formes géométriques distinctes, incolores, très fendillés, se débitant par le choc en larges esquilles transparentes : sa densité est de 3,002.

Quand ce minéral est transparent, il peut être utilisé comme gemme, rappelant la topaze.

L'analyse *a.* a été faite par M. Pisani sur la danburite de Maharitra; *b.* danburite de Danbury (Connecticut) par Smith, *in* Brush (*Am. J. of Sc.*, t. 16, 1853, p. 365), du pic Valatscha (Scopi, Grisons), par Bodewig (*Zeitsch. f. Kryst*, t. 7, p. 391).

	a	*b*	*c*
SiO^2	48,50	48,10	48,77
B^2O^3	27,50	27,73	27,92
Al^2O^3	0,50	0,30	0,34
CaO	24,25	22,41	22,92
	100,75	100,00[1]	99,95

Les indices de réfraction sont les suivants (N_n)

	n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$	2V
Maharitra	1,6363	1,6333	1,6300	0,0063	86°54′
Imalo	1,6356	1,6329	1,6300	0,0055	88°2
Anjanabonoina	1,6363	1,6338	1,6309	0,0054	87°46′

GROUPE DES GRENATS

Les grenats sont des orthosilicates de la forme $(SiO^4)^3 \overset{III}{R^2} \overset{II}{R^3}$, qui peuvent être distribués dans les deux sous-groupes suivants:

GRENATS CALCIQUES		GRENATS NON CALCIQUES	
Grossulaire	$(SiO^4)^3Al^2Ca^3$	*Pyrope*	$(SiO^4)^3Al^2Mg^3$
Andradite	$(SiO^4)^3Fe^2Ca^3$	*Almandin*	$(SiO^4)^3Al^2Fe^3$
Ouwarowite	$(SiO^4)^3Cr^2Ca^3$	*Spessartite*	$(SiO^4)^3Al^2Mn^3$

1. Y compris Mn^2O^3 0,56 ; MgO 0,40, p. f. 0,50.

Le mélanite est une variété titanifère d'andradite.

Ces types théoriques, dont la composition centésimale est donnée plus loin, présentent entre eux de nombreux passages dus à des mélanges isomorphes; quelques-uns de ces termes de passage ont reçu des noms spéciaux.

Propriétés cristallographiques. Cubiques. Les formes les plus communes sont b^1 (110) et a^2 (211), seules ou associées. Pas de clivages, mais parfois plans de séparation suivant b^1 ou p.

Dureté. 6,5 à 7,5. *Densité.* Variable avec la composition :

Ouwarowite	3,40 à 3,52
Grossulaire	3,55 à 3,66
Pyrope	3,70 à 3,75
Andradite	3,80 à 3,90
Almandin	3,90 à 4,22
Spessartite	4,00 à 4,30

Propriétés optiques. Coloration variable avec la composition et dont la nature dépend de l'oxyde métallique prédominant. Éclat vitreux à résineux.

Les grenats calciques ne sont que pseudocubiques, par suite ils sont biréfringents; les propriétés optiques sont alors en relation avec la forme extérieure des cristaux. Les autres grenats sont monoréfringents. La réfringence, qui est assez élevée, varie avec la composition chimique.

Propriétés chimiques. La composition théorique des divers types de grenat est la suivante; ils présentent de nombreux mélanges entre eux.

	GROSSULAIRE	ANDRADITE	OUWAROWITE	PYROPE	ALMANDIN	SPESSARTITE
SiO^2	40,0	35,5	35,9	44,8	36,2	36,4
Al^2O^3	22,7	»	»	25,4	20,5	20,6
Fe^2O^3	»	31,5	»	»	»	»
Cr^2O^3	»	»	30,6	»	»	»
FeO	»	»	»	»	43,3	»
MnO	»	»	»	»	»	43,0
MgO	»	»	»	29,8	»	»
CaO	37,3	33,0	33,5	»	»	»

Au chalumeau, l'ouwarowite est à peine fusible, le pyrope l'est peu, les autres grenats fondent facilement en donnant un globule dont l'aspect dépend de la teneur en fer et en manganèse; il est magnétique dans le cas de l'almandin et de l'andradite.

Les grenats sont faiblement attaqués par les acides, ils le sont complètement après fusion.

Diagnostic. Les grenats sont faciles à reconnaître par leur forme et leurs propriétés optiques. Les types rouges se distinguent du corindon et du spinelle de même couleur par leur dureté moindre et par leur fusibilité.

GROSSULAIRE — ANDRADITE

GISEMENTS

Roches éruptives.

J'ai rencontré de petits rhombododécaèdres de grossulaire jaune d'or, implantés sur les cristaux d'analcime dans les cavités d'une monzonite néphélinique du

Sud-Est de Nosy Komba; des cristaux d'un vert pâle d'andradite tapissent les parois des cavités des syénites néphéliniques du mont Bezavona.

Des rhombododécaèdres noirs (apparaissant zonés de brun en lames minces) de la variété titanifère d'andradite, appelée *mélanite*, sont un élément normal des tahitites à hauyne du mont Ankitsika et du mont Bekotapo.

Contacts de calcaires et de roches éruptives.

Le grossulaire rosé, compact, avec des formes géométriques b^1, visibles seulement au microscope, est le minéral caractéristique des grenatites résultant de la transformation des marnes calcaires liasiques de Nosy Komba et de la pointe d'Ankify au contact des syénites néphéliniques. Le même minéral, en masses grenues et en cristaux distincts jaunes d'or ou d'un jaune vert clair, s'est formé dans les mêmes conditions aux dépens des calcaires du ravin d'Antsohanina (mont Bezavona).

Une variété ferrifère, jaune orangé clair et translucide (*essonite*), se trouve, avec wollastonite, dans un calcaire marmoréen bleuâtre métamorphisé par le granite

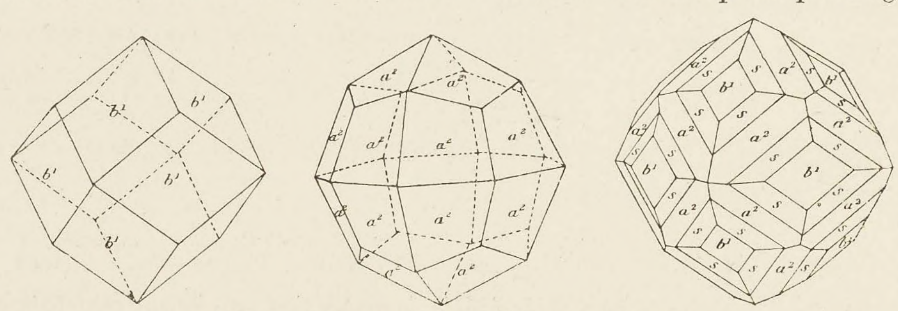


Fig. 372 à 374. — Grenats. Formes communes.

de la rive gauche de la Manandona, en aval du confluent de la Sahatany. Ce grenat, à formes nettes (a^2 b^1), rappelle par sa couleur la spessartite du gisement voisin de Tsilaizina. Il se trouve aussi dans des veines de pegmatite traversant les calcaires du mont Bity.

Les calcaires cristallins du mont Ampanobe (gisement du zircon) renferment des lits d'une grenatite jaune rosé, formée par de l'anorthite et du grossulaire (essonite), parfois associée à de petits cristaux vert clair de diopside; cette roche passe à la fois aux calcaires et à la grenatite.

Dans les contacts du Lias et des granites à riebeckite et aegyrine d'Andranomantoa, près Ampasibitika, j'ai rencontré, aussi bien dans le sédiment métamorphisé que dans la roche éruptive, des masses d'un brun très foncé d'andradite, dépourvue de formes géométriques. Il existe en outre des veinules d'une roche

formée par des agglomérations de rhombododécaèdres de grossulaire d'un jaune verdâtre clair (structure de l'aplôme et de la pyrénéite); des cristaux nets sont, çà et là, englobés dans des restes de calcite.

Schistes cristallins.

Gneiss basiques. — Un grenat, d'un brun rouge, intermédiaire entre le grossulaire et l'andradite, forme, avec plagioclase basique, les grenatites d'assez nombreux gisements : Masinandriana près Tananarive ; Andranovato (Nord-Est de Bejofo); route d'Ejeda à Ampanihy, etc.

La même variété se trouve dans les gneiss à pyroxène, épidote, sphène, quartz d'Ambatomihefy (Betsiriry) ; elle est associée à de la chalcopyrite et de l'érubescite. Des masses compactes d'andradite d'un rouge foncé sont associées à des épidotites quartzifères dans le micaschiste de la rivière Andalona, près du sentier allant d'Ambarivondrona à Ambatomainty sur l'Ampandramaika.

A Behazaka (Androy) se trouve une grenatite blanche tachetée de brun (grossulaire monoréfringent) essentiellement constituée par un grossulaire biréfringent (structure de la pyrénéite) (cf. tome II : l'article *grenatites*).

C'est à des quartzites qu'il faut rapporter des roches à grands éléments renfermant un grenat brun rouge foncé (grossulaire-andradite); elles passent à de véritables grenatites. Je les ai rencontrées sur le sentier allant du lac Alaotra à Mahambo (entre Tsarasambo et Salangina et au-dessus de Sahatavy). Le grenat est associé à de la magnétite et à de l'hédenbergite.

Calcaires cristallins. — J'ai examiné de beaux cristaux d'un rouge orangé de grossulaire appartenant à la variété essonite; ils proviennent du Sud de Betroka; dépourvus de toute gangue, ils ont dû être recueillis dans un calcaire cristallin.

Je dois à M. Garivier un bloc de ce même grenat d'un rouge plus foncé, pesant plus d'un kilogramme; il a été trouvé avec de gros rhombododécaèdres à Fangorano (près de Fort-Dauphin).

PYROPE-ALMANDIN-SPESSARTITE

GISEMENTS

Roches éruptives.

Pegmatites. — L'almandin, parfois un peu manganésifère, est fréquent dans les pegmatites et s'y trouve souvent en cristaux nets (b^1 ou a^2, seuls ou associés

avec parfois *s* ($b^1 b^{1/2} b^{1/3}$) (321) (fig. 372 à 374); pegmatites à grandidiérite d'Andrahomana (région de Fort-Dauphin), etc , Andilana au Nord du lac Alaotra (a^2), etc.; haut Ifasy (au pied septentrional du mont Tsaratanana (cristaux rouges transparents).

Mais dans les pegmatites potassiques à tourmaline noire et béryl bleu ou vert, le grenat rouge ou brun rouge qui prédomine appartient à un type intermédiaire entre la spessartite et l'almandin. Les cristaux *d'almandin-spessartite* ont généralement pour forme a^2 (Pl. 22, fig. 1), avec parfois des facettes b^1 ; et beaucoup plus rarement un hexoctaèdre très surbaissé (Tongafeno (fig. 375) ou le trioctaèdre $a^{2/3}$ (332) (fig. 376, d'après M. Sabot [101]) (Ambatofotsikely).

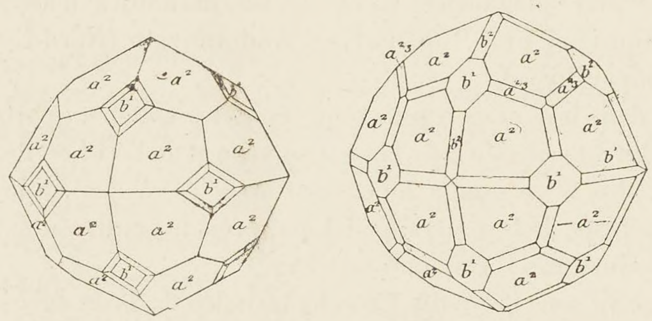


FIG. 375 et 376. — Almandin-spessartite Tongafeno (fig. 375), d'Ambatofotsikely (fig. 376).

Ils ont le plus souvent la grosseur d'une petite noix, mais ils peuvent dépasser 5 centimètres de diamètre.

Voici quelques gisements caractéristiques : Ampangabe; Marirano, à 10 kilomètres Ouest d'Inanatonana; Ambatofotsikely, au Sud-Est d'Antsirabe; Antanamalaza; Andranomifafa (affluent de la Sahatorendrika); dans la vallée de la Sahatany, Ambohitravorano (dans amazonite); Nord-Est d'Antoby (district d'Ambohimasina; Madiomby), etc..

Souvent ces cristaux sont associés intimement à la tourmaline noire, comme à Tongafeno (fig. 377) et entre Ambohimanjaka et Ambodifiakarana; plus souvent, ils constituent des associations graphiques avec le quartz. A Ambatofotsikely, le même grenat forme des associations pœcilitiques avec l'hématite qui est le minéral enveloppant. Les cristaux à formes nettes de ce gisement sont englobés dans du quartz ou du microcline et parfois dans al muscovite, cristaux déformés (Pl. 21, fig. 3).

Le grenat des pegmatites et des aplites à oligoclase du Sud de l'Onilahy (bassins de la Beandry, de l'Ianapera et de la Savasy) est l'*almandin-pyrope,* dont il va être question plus loin, en gros cristaux (a^2 b^1) et plus souvent en grains dépourvus de formes géométriques.

Le grenat caractéristique des pegmatites sodo-lithiques est la *spessartite* presque

pure [38]; les gisements les plus remarquables sont Tsilaizina et les filons voisins (Tsimanaharana, etc.). Ils fournisssent des cristaux assez transparents pour pouvoir être utilisés comme gemmes d'une belle couleur orangée claire. Le même minéral se trouve aussi dans la vallée de la Sahatany, à Maharitra, à Marirano, à Vohidahy; puis à Antsongombato, à Anjanabonoina; sa couleur tire parfois sur l'orangé rouge foncé (notamment à Anjanabonoina); il y est généralement associé à la tourmaline noire et à l'apatite.

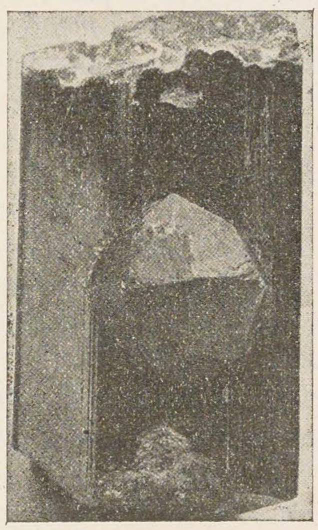


Fig. 377. — Almandin-spessartite dans tourmaline noire de Tongafeno.

Les cristaux de spessartite, d'ordinaire très fendillés, peuvent atteindre jusqu'à 4 centimètres de diamètre; la forme dominante est b^1, accompagnée ou non de a^2 qui existe rarement seule, je l'ai cependant rencontrée dans de très gros cristaux d'un brun rouge provenant de Tsilaizina et dans des cristaux de couleur claire de Maharitra. Ces cristaux sont parfois zonés de couleur plus foncée au centre qu'à la périphérie.

A Vohidahy, la variété orangée claire est quelquefois cerclée de tourmaline verte et ses cristaux ressortent alors d'une façon très agréable sur le fond blanc ou verdâtre de la pegmatite qui les englobe. J'ai recueilli au mont Mica, dans le Maine (États-Unis), une semblable association des mêmes minéraux, mais la tourmaline y est bleue.

Tous ces grenats sont engagés dans la pegmatite comme élément constituant. Je n'ai vu qu'un seul échantillon, dans lequel la spessartite, en rhombododécaèdres groupés à axes parallèles, à faces éclatantes, d'un rouge orangé foncé, est implantée sur du microcline blanc laiteux et provient d'une druse; cet échantillon a été recueilli par un indigène entre Ambohimanjaka et Andohafiakarana, au Sud d'Antsirabe; un échantillon analogue a été donné à M. Ungemach comme provenant d'Andavananahary (6 kilomètres Nord-Ouest d'Antandrokomby).

Schistes cristallins.

Gneiss acides. — Toutes les catégories de schistes cristallins de Madagascar sont, à l'occasion, riches en grenats qui appartiennent soit à l'almandin, soit plus souvent à un grenat, que j'ai appelé [71] *almandin-pyrope*, parce qu'il est intermédiaire entre ces deux types. C'est surtout dans les leptynites et dans leurs éluvions

et particulièrement dans l'Extrême-Sud, dans l'Androy et dans le pays Mahafaly (région de Bekitro, Ampanihy, Kokomba, Masira (entre Ampanihy et Tsiombe), que ces grenats sont abondants. Ils appartiennent à une variété rose qui, lorsqu'elle est transparente, est comparable à la *rhodolite* de la Caroline du Nord; c'est le type le plus riche en magnésie; il est par suite peu fusible. Ces grenats atteignent souvent la grosseur d'une noix et sont fréquemment pœcilitiques, avec le quartz et le feldspath.

Dans les gneiss très micacés, le grenat est généralement de couleur très foncée, (mont Ivatobe, sur la rive gauche de la Varana): Ambinanindrano (région de Mahanoro), etc.

Quartzites. — Dans les quartzites dérivant des micaschistes, le grenat almandin est accompagné de sillimanite (mont Ambohimanoa, sur les bords de l'Ikopa) de disthène bleu (près Tsaravina). Il est de couleur claire.

Gneiss basiques. — Dans les gneiss amphiboliques et pyroxéniques le grenat, toujours d'un rouge foncé, est une variété très ferrifère d'almandin ou d'almandin-pyrope; il forme tantôt de petits cristaux [région d'Andavakoera; Salangina (route du lac Alaotra)] et tantôt de très gros individus de plusieurs centimètres de diamètre, comme dans le pays Mahafaly (mont Vohipotsy; rivière Sakatovo). Ces types sont les plus riches en chaux de la série, tandis que l'almandin-pyrope, rouge foncé, souvent translucide, qui entre dans la constitution de la *manjakite* de Volotara, et de la Talaviana, renferme la plus petite quantité de chaux que j'ai eu l'occasion d'observer.

Schistes micacés, micaschistes, chloritoschistes. — Le grenat des roches qui viennent d'être énumérées sont en général dépourvus de formes géométriques. Par contre, ceux que l'on rencontre dans les schistes micacés et les micaschistes métamorphisés par le granite ont généralement des formes très nettes (b^1). Tel est le cas de l'almandin des phyllades des environs d'Ikongo, de celui des micaschistes à sillimanite et corindon du Sud-Est d'Antsirabe (Ankazondrano, etc.), des schistes micacés de la région d'Ambatofinandrahana (gros cristaux rouges, parfois groupés) (analyse *a*).

Les plus gros cristaux de grenat de Madagascar proviennent des chloritoschistes de l'Ampandramaika (affluent du Mangoky), au Sud du village de ce nom. M. Rossi m'a communiqué un rhombododécaèdre pesant 5 kilogrammes et des débris de cristaux plus gros; ceux de la dimension du poing sont très abondants. Ce gisement est à comparer avec celui de Salida (Colorado).

Eluvions et alluvions.

La désagrégation superficielle de toutes les roches précédentes met en liberté les grenats qui peuvent être alors recueillis à la surface du sol dans les éluvions (fragments anguleux) ou entraînés dans les alluvions (fragments roulés ; les lavages pour la recherche de l'or les mettent en évidence. Cette destruction des gangues est favorable à l'isolement des fragments de cristaux homogènes qui peuvent être souvent utilisés comme gemmes et qui sont surtout recherchés pour l'industrie de la pivoterie.

Eluvions. — Tel est le cas pour l'almandin-pyrope des schistes cristallins, recueilli en fragments assez gros à l'Est de Benenitra, sur la route de Betroka, puis plus au Sud dans la région comprise entre l'Onilahy et ses affluents, la Beandry et l'Ianapera et aussi jusqu'à Tongobory, puis dans les environs de Ranohira [almandin-pyrope, variété rouge foncé ou rose (rhodolite)], dans le Sud de Mafaitra, sur la rive droite de l'Ambinaniroa (cristaux peu distincts atteignant plusieurs kilogrammes) ; dans la région d'Ivohibe (à Ankaditany, almandin rouge foncé et almandin-pyrope de couleur plus claire).

Alluvions. — Parmi les alluvions, riches en beaux échantillons d'almandin et d'almandin-pyrope, je citerai celles des rivières du pays Mahafaly, des environs de Fort-Dauphin, de la rivière Fandramana, de Mahavelona près Ihosy, de l'Ifempina, de la région forestière de Marolambo à l'Ouest de Mahanoro et notamment à Marofotsy, de la région de Vatomandry (almandin-pyrope), etc.

La spessartite se rencontre aussi dans ces mêmes conditions à Ifempina ; à Morafeno et dans le Belambo, à l'Ouest de Maevatanana (gros cristaux d'un brun rouge foncé) ; à Berere, à un jour et demi de marche de cette localité, sur le chemin de Tsaratanana (jolis cristaux a^2) ; dans la région d'Anivorano.

Sables du littoral. — Enfin, les sables de la mer sont localement très riches en petits grains de grenat ; je citerai comme exemple de régions, où ils proviennent de la destruction des roches visibles sur le rivage, ceux de la côte vis-à-vis l'île Sainte-Marie et, dans l'Extrême-Sud, Vatomangy (à l'Ouest du Cap Sainte-Marie), puis la côte méridionale entre Lambetamasay et Itampolo, comme exemple de régions où le sous-sol gneissique n'est pas visible ; dans tous ces sables, l'almandinpyrope est d'un rose extrêmement clair.

Les analyses suivantes ont été faites sur des grenats malgaches, *a,* par M. Raoult ; *b* et *c,* par M. Sabot (*in* Duparc, Wunder et Sabot [15]) ; *d* à *h,* par M. Pisani [*in* A. Lacroix, 71].

Almandin, a) de la région d'Ambatofinandrahana.

Spessartite orangée, *b*) de Tsilaizina ;

Almandin-spessartite, c) d'Ambatofotsikely ; *d*) d'Ampangabe.

Almandin-pyrope, e) rouge foncé, environs de Benenitra ; *f*) rivière Sakatovo (dans amphibolite) ; *g*) Volotara (dans manjakite ; *h*) rose clair (*rhodolite*) Ianapera ; *i*) (dans leptynite) environs d'Ampanihy (déduit de l'analyse de la roche faite par M. Boiteau).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*i*
SiO^2. .	37,52	35,76	36,31	35,40	38,70	38,80	41,10	39,90	38,6
Al^2O^3. .	18,66	21,06	20,39	19,35	21,81	24,30	22,40	22,80	19,1
Fe^2O^3. .	4,28	1,78	1,26	1,80	»	»	»	»	5,5
FeO. .	30,24	»	15,02	20,20	23,75	18,80	23,40	17,50	20,6
MnO. .	1,56	39,40	25,24	22,80	1,86	0,85	0,44	0,80	0,7
MgO. .	5,50	1,46	0,85	1,02	9,21	10,82	11,12	14,70	10,9
CaO. .	1,94	1,23	0,83	»	5,34	5,93	1,92	3,75	4,6
TiO^2. .	»	0,10	»	»	»	»	»	(p. f.) 0,20	»
	99,70	99,79	99,20	100,57	100,67	99,51	100,38	99,65	100,0
Densité.	4,22	4,059	4,154	4,17	3,95	3,82	3,93	3,83	

M. Gaubert a mesuré les valeurs suivantes, montrant les relations de la composition chimique de la densité et des indices de réfraction :

	N(Na)	DENSITÉ
Almandin (analyse *a*). . .	1,820	4,22
— Laondany. . .	1,805	4,17
— Ankaditany. . .	1,814	4,17
Spessartite, Maharitra. . .	1,802	4,107
Almandin-pyrope, Ranohira (type de l'analyse *e*).	1,780	3,93
— Ankatidany. . . .	1,770	3,886
— Ianapera (type de l'analyse *h*). . . .	1,763	3,83
— Vatomandry. . . .	1,747	3,82

MM. Duparc, Wunder et Sabot ont donné les indices de réfraction suivants :

	Li	Na	Tl
Spessartite (analyse *b*). . . .	1,7989	1,7998	1,8046
Almandin-spessartite (analyse *c*).	1,8088	1,8142	1,8172

Les produits d'altération sont caractéristiques de ces divers types de grenat ; ceux qui sont peu ou pas manganésifères (almandin, almandin-pyrope) se transforment en limonite impure ; dès qu'ils contiennent une proportion importante de manganèse (almandin-spessartite et spessartite), les oxydes résultant de leur transformation sont noirs et dégagent du chlore par traitement à HCl ; le produit de l'altération de la spessartite est de la psilomélane pure. C'est ainsi que M. Florens m'a envoyé un bloc de limonite récolté entre Ambodirafia et Maroseranana, au Sud-Ouest de Tamatave, qui résulte de la décomposition d'un almandin-pyrope d'un beau rouge groseille. Son traitement par HCl bouillant m'a

permis d'en extraire des grains transparents de ce minéral ; c'est une épigénie incomplète d'un gros cristal. La figure 4 de la planche 21 montre l'aspect curieusement corrodé que présente le grenat recueilli dans la terre rouge (région de Midongy, etc.).

PREHNITE

$(SiO^4)^3Al^2Ca^2H^2$

Propriétés cristallographiques. $a : b : c = 0,84009 : 1 : 0,84382$; $mm = 99°56'$; $pa^1 = 134°52'$. Clivages : très faciles suivant p (001), difficiles suivant m (110). Cassure inégale.

Dureté. 6 à 7. *Densité.* 2,80 à 2,95.

Propriétés optiques. Incolore, blanche, verte de diverses nuances. Eclat vitreux, nacré sur p.

Optiquement positive ; plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë, perpendiculaire à p ; $n_m = 1,626$; $n_g - n_p = 0,0033$. Fréquentes anomalies optiques.

Propriétés chimiques. La composition théorique est : SiO^2 43,7 ; Al^2O^3 24,8 ; CaO 27,1 ; H^2O 4,4.

Au chalumeau, gonfle et fond facilement en un émail bulleux blanc ; donne de l'eau dans le tube.

Faiblement attaquée par HCl, mais complètement attaquée, avec gelée, après calcination.

Diagnostic. Les cristaux ont souvent des formes casquées très caractéristiques. Les variétés fibrolamellaires se distinguent facilement des zéolites, qu'elles accompagnent souvent, par leur résistance à l'action des acides, par la température élevée à laquelle part l'eau et enfin par les propriétés optiques.

GISEMENTS

Roches éruptives.

La prehnite est un minéral secondaire, que l'on rencontre à Madagascar dans les deux genres de gisement suivants :

1° Dans les fentes et les cavités des roches éruptives basiques. C'est ainsi que je l'ai trouvée en petits cristaux, d'un jaune verdâtre, en forme de casque, associés à de l'épidote, sur des trapézoèdres d'analcime qui tapissent les cavités d'une monchiquite du ravin d'Antsohanina (massif du mont Bezavona).

De beaux échantillons fibrobacillaires se trouvent dans les diabases d'Ambatomainty, au Sud-Ouest de Maevatanana.

La prehnite forme de petites géodes tapissées de groupements casqués, souvent

colorés en vert clair par des imprégnations de malachite, dans les basaltes très altérés dont les coulées descendent de l'Ambohitrosy au Sambao et à la rive droite du lac Amparihy (Ampaka); on la trouve aussi, sous forme de belles masses concrétionnées, fibrobacillaires, au Nord de l'Ambohitrosy; sur la rivière Sahondra; puis à l'Est de Besalampy, au Nord de Morondava.

Fentes des schistes cristallins.

Je dois à M. Magnien d'intéressants échantillons provenant d'une cascade qui avoisine le gîte aurifère en place d'Ambodimanga, près Mahanoro. Les fentes des chloritoschistes sont remplies par un mélange géodique de calcite et de quartz dont les cavités sont tapissées de lames (p, m), incolores et transparentes, de prehnite, implantées sur de petits cristaux de quartz. Ces mêmes lames forment, en s'enchevêtrant, des pseudomorphoses de cristaux prismatiques (1 à 2 centimètres) d'un minéral disparu (aragonite?). La forme et les propriétés optiques de cette prehnite rappellent celles de la *coupholite* des Pyrénées. Comme dans ce dernier gisement, on trouve aussi à Ambodimanga des cristaux de calcite recouverts par une couche légère de prehnite.

NÉPHÉLINE

$SiO^4Al(Na, K).x\ Si^3Al^2(Na, K)^2O^{10}$.

Propriétés cristallographiques. Hexagonale. $c = 0{,}83582$. Clivages, difficiles suivant m (10$\bar{1}$0) (devenant plus faciles par altération), et suivant p (0001). Cassure inégale.

Dureté. 5 à 6. *Densité.* 2,5 à 2,65.

Propriétés optiques. Blanche ou jaunâtre, verdâtre, brun rougeâtre. Eclat gras (*éléolite*). Transparente ou translucide.

Uniaxe et optiquement négative; $n_g = 1{,}5469$; $n_p = 1{,}5422$.

Propriétés chimiques. La formule théorique correspondant à la formule SiO^4AlNa est la suivante: SiO^2 42,3; Al^2O^3 35,9; Na^2O 21,8, avec une quantité variable du sodium remplacée par du potassium. En réalité, la composition est variable et, à cet orthosilicate s'ajoute (solution solide) une quantité plus ou moins grande du terme indiqué dans la formule générale donnée plus haut.

Au chalumeau, fond en un verre incolore. Décomposée par HCl en faisant gelée.

Diagnostic. Les propriétés cristallographiques, l'éclat gras et la facile attaque par les acides avec gelée, rendent facile le diagnostic de la néphéline, qui, en outre, est souvent altérée en cancrinite, en zéolites, en muscovite, etc.

GISEMENTS

La néphéline est un élément essentiel de roches éruptives, des syénites, des monzonites, des gabbros néphéliniques; elle constitue le minéral blanc de la fasinite; elle entre aussi dans la constitution des tinguaïtes, des phonolites, des néphélinites, des ankaratrites (voir tome II à la description de ces roches).

Dans beaucoup de ces roches, elle se présente en échantillons macroscopiques, à éclat gras (*éléolite*), souvent fort beaux. Il faut citer à cet égard les syénites néphéliniques à structure intersertale de Nosy Komba et du massif de Bezavona, où la néphéline est verte ou rougeâtre. Elle y remplit les intervalles des feldspaths alcalins, mais il est une variété d'essexite à hornblende barkevicitique des bords de la Berondra, dans laquelle la néphéline rosée constitue des cristaux à formes nettes de 1 à 2 centimètres. J'ai trouvé ce minéral sous la même forme, avec la même couleur et les mêmes dimensions dans la roche, que j'ai recueillie en blocs sur la plage d'Ampasimena et que j'ai appelée *ampasiménite*. Enfin de beaux échantillons s'en trouvent aussi dans certaines monzonites néphéliniques et berondrites des mêmes régions et particulièrement dans leurs variétés pegmatiques.

Le même minéral est d'un blanc rosé dans les parties pegmatiques des syénites néphéliniques des bords de la Mahajamba.

Dans toutes ces roches, la néphéline, même lorsqu'elle apparaît très fraîche, est souvent attaquée par des zéolites (analcime, mésotype) qui, fréquemment aussi, l'épigénisent complètement. Plus rarement elle présente des altérations micacées. Enfin dans les roches latéritisées, elle se transforme en paillettes cristallines d'hydrargillite.

GROUPE HAÜYNE-SODALITE

HAÜYNE-NOSÉANE

$SiO^4Al(Na,K)$, x $(Na^2,Ca)SO^4$.

Propriétés cristallographiques. Cubique. Clivages b^1 plus ou moins distincts. Cassure conchoïde. *Dureté*. 5 à 6. *Densité*. 2,5.

Propriétés optiques. Incolore, blanche, grise, bleue. Monoréfringentes ; $n = 1{,}496$ (haüyne) ; 1,488 (noséane). Inclusions ferrugineuses régulièrement orientées.

Propriétés chimiques. La composition théorique est la suivante, dans le cas de Na : Ca = 3 : 2 ; $SiO^2 = 0{,}80$; SO^3 14,2 ; Al^2O^3 27,2 ; Na^2O 16,6 ; CaO 10,0. Il existe tous les passages entre ce type et celui dans lequel la chaux est entièrement remplacée par de la soude ; cette variété, qui est la *noséane,* est plus légère (densité 2,25) et moins réfringente.

Difficilement fusibles au chalumeau. Très facilement attaquables à froid par les acides, en donnant les réactions de SO^4H^2.

Diagnostic. La forme est caractéristique. La réaction de l'acide sulfurique permet de distinguer la haüyne et la noséane de la sodalite qui donne les réactions du chlore.

GISEMENTS

La haüyne et la noséane se trouvent comme élément accessoire de certaines roches volcaniques alcalines, dans lesquelles elles forment des phénocristaux n'ayant guère plus de un millimètre de diamètre.

Je signalerai comme gisements principaux : les phonolites à mélanite du massif d'Ankitsika, du Bekotapo, de l'Amparihy ; le minéral y est incolore en lames minces, alors que dans les *ordanchites* du massif de l'Itasy et notamment dans celles du Kasige, il est d'un bleu saphir magnifique.

Tandis que dans les laves récentes de l'Itasy, la haüyne est d'une fraîcheur parfaite, dans la région du Nord-Ouest, elle est très fréquemment transformée en mésotype.

SODALITE

$SiO^4Al(Na, K)$, x NaCl.

Propriétés cristallographiques. Cubique. Clivages suivant b^1 (110). Cassure conchoïde.

Dureté. 5,5 à 6. *Densité.* 2,14 à 2,30.

Propriétés optiques. Eclat vitreux un peu gras, gris, blanc, verdâtre, quelque fois bleu ou rouge. Transparente ou translucide. Monoréfringente ; $n = 1{,}4827$.

Propriétés chimiques. La composition théorique est : SiO^2 37,2 ; Al^2O^3 31,6 ; Na^2O 25,6 ; Cl 7,3 ; = 101,7 à déduire $(O = 2Cl) = 1{,}7$. Mêmes réactions pyrognostiques que la haüyne, mais avec remplacement de la réaction de SO^4H^2 par celle du chlore.

GISEMENTS

La sodalite est un élément essentiel, fréquent, des syénites néphéliniques de la région d'Ampasindava ; elle ne s'y voit distinctement qu'au microscope, sous

forme de plages incolores; elle est fréquemment transformée en mésotype comme la néphéline qu'elle accompagne ou supplée.

CHRYSOCOLE

Forme. Le chrysocole forme des masses cryptocristallines ou amorphes, compactes ou concrétionnées, à éclat vitreux ou mat. Il est parfois translucide sur les bords; sa couleur varie du vert au bleu et au noirâtre. Sa cassure est conchoïdale. Ce minéral est fragile à l'état frais.

Dureté. 2 à 4. *Densité,* 2 à 2,2.

Propriétés chimiques. Le chrysocole est attaquable par les acides en faisant gelée et partiellement attaquable par l'ammoniaque en donnant une solution bleue et un résidu de silice floconneuse. On pourrait le considérer comme une dioptase hydratée. $SiO^4CuH^2 + H^2O$, mais, en réalité, les analyses donnent des résultats très variables, sans doute par suite d'un mélange avec de l'opale.

GISEMENTS

Le chrysocole est un produit secondaire des gisements cuprifères quels qu'ils soient. Il se trouve donc généralement aux affleurements oxydés de ceux-ci. Je signalerai : Ambatofangehana; les gisements cuprifères des environs de Betafo, Mandro en particulier, il englobe parfois des cristaux d'épidote, ou bien est englobé dans un réseau réticulé de calcédoine.

Le basalte cuprifère de Bekiady en renferme de jolis échantillons, associés à de l'opale verdâtre; ces deux minéraux séparent souvent les nodules de cuivre natif et de cuprite de leur gangue de roche volcanique altérée.

M. Michaut m'a communiqué un intéressant échantillon recueilli dans un ruisselet près d'Ampangabe, à 6 kilomètres Nord d'Ambatondrazaka; il consiste en une roche riche en limonite, recouverte d'une croûte mamelonnée translucide, d'un bleu de ciel; la particularité de ce chrysocole est qu'il est fibreux et biréfringent (allongement positif des fibres). Son gisement exact n'a pu être précisé.

GROUPE DES MICAS

Les micas constituent un groupe de minéraux présentant entre eux de grandes analogies de propriétés physiques, malgré d'importantes différences de composition chimique. Les uns sont des orthosilicates :

Biotite. . . . . . $(SiO^4)^3Al^2(Mg, Fe)^2(H, K)^2$.
Muscovite. . . . . $(SiO^4)^3Al^3KH^2$.
Paragonite. . . . . $(SiO^4)^3Al^3NaH^2$.

Les autres ont la composition de métasilicates ou une composition qui s'en rapproche :

Lépidolite. . . . . . $(SiO^3)^3Al^2(Li, K)^2(F, OH)^2$.
Zinnwaldite. . . . . . $Si^3O^{16}Al^3Fe(Li, K)^3(F, OH)^2$.

Les propriétés communes à tous les micas sont les suivantes :

Propriétés cristallographiques. Monocliniques, pseudorhombiques : $a : b : c = 0{,}5773 : 1 : 3{,}2743$; $zx = 90°$ (*biotite*). Clivages : parfait suivant p (001), donnant des lames flexibles et élastiques qui fournissent des figures de choc, parallèles à la trace de g^1 (010) et de m (110) et des figures de pression, perpendiculaires à ces mêmes faces. Plans de séparation suivant g^1, $b^1/_2$ et diverses pyramides de la zone pm, correspondant aux figures de choc et suivant $a^5/_2$ ($\bar{2}05$), a^4 ($\bar{1}04$), z (135) correspondant aux figures de pression. Eclat nacré sur le clivage. Macles suivant m, se produisant par accolement suivant m ou suivant p. Optiquement négatifs.

Les propriétés distinctives de chaque espèce sont les suivantes :

	BIOTITE[1]	ZINNWALDITE	LÉPIDOLITE	MUSCOVITE	PARAGONITE
Plan des axes.. . .	g^1	g^1	perp. à g^1	perp. à g^1	perp. à g^1
Dispersion.. . . .	$\rho < v$	$\rho < v$	$\rho > v$	$\rho > v$	$\rho > v$
2E.	0° à 40°	0° à 65°	10° à 73°	57° à 83°	
Densité	2,7 à 3,2	2,8 à 3,2	2,76 à 3	2,8 à 3	2,78 à 2,9
Au chalumeau. . .	Blanchit et fond en un verre noir.	Très facilement fusibles en colorant la flamme et en donnant un verre noir.	un verre blanc.	Blanchit et devient opaque, difficilement fusible.	A peine fusible.
Action de HCl à chaud.	Attaquables.		A peine attaquable.	A peu près inattaquables.	

Les micas se rencontrent toujours intacts, à l'exception de la biotite qui s'hydrate facilement et perd ses alcalis en se transformant en *vermiculite* dont les lames, devenues tendres, ne sont plus élastiques et s'exfolient quand on les chauffe au rouge.

1. *L'anomite* est une variété de biotite à plan des axes perpendiculaire à g^1, avec $\rho > v$. *La phlogopite* est une biotite pauvre en fer, la *lépidomélane* une biotite peu magnésienne et très ferrifère.

BIOTITE

GISEMENTS

La biotite, en lamelles noires, constitue un élément essentiel des granites, des gneiss, des micaschistes, des schistes modifiés au contact du granite ; elle y forme quelquefois, à elle seule, des masses volumineuses constituées par l'agglomération de lames de quelques millimètres à plusieurs centimètres de diamètre (falaise d'Ampamarinana à Tananarive).

On la trouve en grandes lames poecilitiques dans certaines diorites et gabbros. Elle forme enfin de petites lamelles hexagonales très nettes dans beaucoup de trachytes.

Je renvoie à la description de ces roches pour l'indication de leurs gisements et je ne m'occuperai ici que de deux types de gisement fournissant des lames particulièrement belles de ce minéral.

Roches éruptives.

Pegmatites et filons de quartz. — La biotite se trouve dans les deux types de pegmatites gemmifères[1] du Massif cristallin.

Dans les *pegmatites potassiques*, je signalerai Samiresy, Sahanivotry, les filons situés entre Miandrarivo et Inanatonana comme exemple de gisements fournissant des lames de biotite pouvant atteindre plus d'un décimètre de diamètre. Elles supportent parfois sur leur tranche des agrégats de muscovite testacée (environs d'Ampanihy, etc.).

C'est probablement dans des pegmatites analogues que se trouvent de beaux échantillons de biotite provenant d'Ambato près d'Ambositra, d'Ankarefo au Sud d'Amboay, de Nosy Tranovato (dans le fleuve Fanjahira), d'Ifandiana au Nord d'Ambatofinandrahana.

Les quartzites de la haute Mianjona près de Mandro renferment, au voisinage des pegmatites, des veines de quartz transparent, riches en grandes lames entre-

1. M. de Gramont a bien voulu faire dans quelques biotites malgaches la recherche spectroscopique des éléments rares ; toutes renferment du titane ; celles de Miandrarivo, d'Antsongombato contiennent des traces d'yttrium (de même que la muscovite de la région de Betafo) ; celles de Miandrarivo et d'Antandrokomby du scandium. Les biotites de Sahanivotry et d'Ifasina ne contiennent aucune terre rare.

croisées de biotite blonde (à axes optiques écartés), limitant entre elles des solides de quartz à angles aigus, sans signification cristallographique.

Dans les *pegmatites sodo-lithiques*, la biotite n'est pas moins fréquente. A Antandrokomby, Tsilaizina, etc., elle est associée à la tourmaline. A Maharitra, elle forme des cristaux hexagonaux, atteignant 20 centimètres de diamètre sur 3 ou 4 d'épaisseur, ils sont associés à la lépidolite. Il en est de même à Antsongombato; à Antaboaka, la biotite est accompagnée en outre de zinnwaldite.

Dans toutes ces pegmatites gemmifères, la biotite est souvent altérée, terne, elle a perdu sa flexibilité ; elle passe à la *vermiculite*; c'est surtout sous cette forme que je l'ai recueillie au mont Ankitsika dans des veines quartzeuses traversant les pyroxénolites.

La *pegmatite syénitique* à bastnaésite, tscheffkinite et aegyrine d'Itorendrika-Ifasina renferme des cristaux hexagonaux de biotite, à formes remarquablement nettes, mesurant jusqu'à 6 centimètres de diamètre pour 1 centimètre d'épaisseur. Cette biotite, d'un brun verdâtre, est d'une fraîcheur qui contraste avec la décomposition totale des feldspaths transformés en calcédoine et en quartz. Elle est quelquefois englobée par ces deux derniers minéraux.

Roches volcaniques. — Les scories de projection basaltiques renferment assez fréquemment, associés à des cristaux d'augite et de hornblende, des cristaux hexagonaux épais et plus ou moins corrodés de biotite qui, comme eux, sont une production intratellurique du magma. Ce mica a été soumis à des actions oxydantes qui l'ont rendu d'un brun rouge foncé (*rubellane*); je citerai comme exemple le cône d'Ampala, près Soavinandriana (Itasy).

Schistes cristallins.

Calcaires cristallins. — La phlogopite est une variété de biotite, pauvre en fer, qui se rencontre en abondance dans les calcaires cristallins et particulièrement dans ceux contenant des humites ou des péridots ; presque tous en renferment peu ou prou, sous forme de petites lamelles hexagonales de couleur variée (depuis incolore jusqu'à brun noir, quelquefois vert) (Ambohimirakitra) et dans les roches silicatées qui en dérivent. Aussi ne citerai-je comme exemple que quelques gisements remarquables à certains points de vue; pour plus de détails je renvoie à l'étude de ces roches donnée dans le tome II.

En premier lieu, certains de ces gisements renferment des cristaux d'une

grande netteté de forme ; tel est le cas du calcaire des sources du Manambolo, affluent du Mandrare et celui d'Antafiamalama dans les gorges de la Menarandra; ces cristaux hexagonaux d'un jaune clair sont plus larges qu'épais. A Ambatoarina, à l'Est d'Ambatofangehana, au contraire, ils sont allongés suivant *c* (fig. 378) et transparents, d'un jaune foncé ; ils sont associés à du quartz et à des aiguilles d'imerinite.

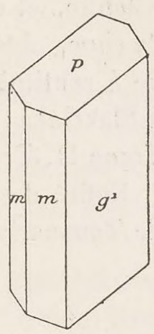


Fig. 378. — Phlogopite d'Ambatoarina.

Il est assez fréquent dans les calcaires cristallins à minéraux magnésiens de trouver des agglomérations de grandes lames gondolées, sans formes géométriques, de phlogopite d'un blond doré associées à divers minéraux, graphite (Ouest d'Ampotaka, près Ampanihy), spinelle et pyroxènes (entre Ampasimainty et Ambatomainty). Plus rarement cette phlogopite est d'un jaune extrêmement clair et ressemble alors à la muscovite (Ouest d'Andohatsindra).

Il me reste à signaler un type remarquable de gisements de phlogopite dont la découverte se précipite depuis qu'il est démontré que l'on peut utiliser industriellement le mica qu'ils renferment. Il s'agit d'une phlogopite brune, rappelant celle du Canada, et plus rarement noire, dont les lames, parfaitement planes, peuvent atteindre plus d'un mètre de diamètre. Lorsqu'elles ont des formes nettes, celles-ci sont hexagonales ; elles présentent çà et là des plans de séparation permettant de les débiter en lames très allongées ou bien losangiques.

Le premier gisement découvert (par M. Rossi) est celui de Volonandrongo, dans une boucle de la Mania ; il a fourni des cristaux hexagonaux de phlogopite mesurant $0^{m},60$ de diamètre et jusqu'à 7 centimètres d'épaisseur. Ils forment des veines pegmatiques ou des amas dans une pyroxénite à diopside d'un vert-pâle ; ils sont accompagnés de très beaux cristaux de diopside, d'épidote, de clinozoïsite, ainsi que de tourmaline magnésienne, d'apatite, etc., minéraux qui sont décrits dans cet ouvrage. De minces lames de quartz sont parfois intercalées entre les clivages basiques du mica dont les cristaux sont quelquefois enveloppés dans de l'épidote rose : celle-ci en conserve aux affleurements le moulage lorsqu'ils ont disparu par décomposition, comme dans la figure 3 de la planche 22.

Des cristaux encore plus grands sont actuellement prospectés ou exploités dans des pyroxénites d'un vert foncé entre la Menarandra et le Mandrare : Andramasy, etc., au Nord de Tsiombe ; Est d'Antanimora ; Ikoroma, au Nord de cette dernière localité ; Ampantiolotsy, au Sud de Bekily ; Mahiamalona, entre Soamanonga et Isoanala ; mont Ivohibe, au Nord-Nord-Est d'Isoanala ; col d'Ampikaso ; Itrongay ; Isakoa ; Tsindramy, etc.

Sur une lame mesurant $0^m,90$ de diamètre que le Muséum doit à M. Vielle-Köchlin, et qui provient de Marosositra, près de Tsiombe, se voient des figures de choc, obtenues accidentellement et dont les branches ne mesurent pas moins de 4 centimètres. M. Loüys a des exploitations dans la région de Fort Dauphin, à Elakelaka ; elles fournissent en abondance des cristaux encore plus grands (Voir Tome II, Troisième Partie, Chapitre IV).

Enfin, des cristaux analogues se rencontrent à Mahitsy (kilomètre 30 de la route de Tananarive à Maevatanana).

ZINNWALDITE

La zinnwaldite est le plus rare des micas de Madagascar ; elle accompagne la lépidolite dans les pegmatites sodo-lithiques d'Antsongombato, d'Antaboaka et d'Anjanabonoina. Ses lames peuvent atteindre 7 ou 8 centimètres de diamètre et ne se distinguent guère de la muscovite par leurs caractères extérieurs que grâce à leur coloration verdâtre, qui, d'ailleurs, n'est bien distincte qu'en lames épaisses.

Les constantes suivantes ont été mesurées par MM. Duparc, Wunder et Sabot [10] sur la zinnwaldite d'Antaboaka.

SiO^2	45,88
Al^2O^3	20,80
Fe^2O^3	0,97
FeO	9,65
MnO	1,74
MgO	0,13
K^2O	9,11
Na^2O	0,96
Li^2O	3,78
F	5,12
H^2O	1,48
	99,62

Densité, 2,9724 ; $n_g = 1,6521$; $n_m = 1,6476$; $n_p = 1,5880$; $2E = 52$ à $57°$.

LÉPIDOLITE

La lépidolite se rencontre exclusivement dans les pegmatites sodo-lithiques dont elle est l'un des minéraux caractéristiques. Je l'y ai observée sous trois aspects différents :

Les pegmatites d'Antsofimbato, près Mandrihariva, renferment quelques larges lames de lépidolite rosée ou blanche, mais surtout une variété écailleuse en petites lamelles de couleur lilas clair, présentant le facies habituel à ce minéral dans les gisements européens et américains. Ces lames ne dépassent guère 1 centimètre de diamètre et sont souvent plus petites ; elles sont parfois groupées autour de la muscovite, comme si elles s'étaient formées aux dépens de celle-ci. Dans des veinules de quartz, j'ai rencontré des cristaux de lépidolite très allongés suivant l'axe vertical et groupés à axes parallèles. Par exposition à l'air, cette lépidotite devient blanche.

J'ai trouvé, en petite quantité, la même variété, mais plus rose, dans les éluvions d'Anjanabonoina, mélangée à de la rubellite bacillaire. Elle existe aussi au Sud-Ouest de Fefena et enfin dans la région de Midongy de l'Ouest, où elle englobe de longs cristaux de tourmaline verte : je n'ai pu obtenir de précision sur le gisement exact des échantillons provenant de ces deux dernières régions.

Il faut citer une variété de ce type consistant en agrégats de petites lamelles blanches, nacrées, associées à la bityite et qui se trouvent dans les cryptes de la Maharitra : cette variété paraît dater de la fin de la phase pneumatolytique de l'histoire de pegmatite.

Le second type est jusqu'ici une spécialité des pegmatites de Madagascar ; je l'ai fait connaître en 1908 [38]. Il consiste en lames, pouvant dépasser 20 centimètres de diamètre. Elles présentent une couleur violette, comparable à celle que prend l'eau quand elle est colorée par un peu d'encre d'aniline. A Maharitra, Andohafiakarana, Ambondromany et Fiherenana, et surtout à Antsongombato, cette lépidolite est très abondante, formant des masses clivables fort épaisses. Elle est au contraire clairsemée, en lames moins grandes et avec une coloration plus foncée, à Tsilaizina, Vohimasina, Vohidahy.

La troisième variété est plus rare. A Antaboaka, elle possède l'aspect de la muscovite en grandes lames, elle est donc incolore ; ses lames ont jusqu'à 10 centimètres de diamètre. J'ai recueilli aussi dans ce gisement des masses épaisses de plusieurs centimètres, formées par le groupement suivant deux directions rectangulaires de cette même lépidolite blanche, qui englobe poecilitiquement une grande quantité de tourmaline bleue. Enfin, j'ai ramassé dans la grande carrière de Maharitra des masses micacées de plusieurs kilogrammes, ressemblant à un micaschiste à muscovite, mais qui sont constituées par une lépidolite blanche ; elle englobe quelques gros cristaux de tourmaline d'un bleu presque noir, ou de la rubellite.

Les pegmatites d'Ampangabe ont fourni de larges lames de lépidolite (20 cen-

timètres de diamètre) d'un beau rose ; je ne puis affirmer qu'elles proviennent des filons qui renferment la muscovite et le béryl. Ces échantillons m'ont été donnés par M. Florens, mais je ne les ai pas vus en place.

Les constantes suivantes ont été mesurées par MM. Duparc, Wunder et Sabot [10] sur la lépidolite : *a*) d'Antsongombato ; *b*) d'Antaboaka.

	a	*b*
SiO^2	55,97	57,25
Al^2O^3	17,70	17,65
Fe^2O^3	0,68	0,51
MgO	0,09	0,17
MnO	0,58	0,24
K^2O	10,14	10,11
Na^2O	0,82	0,78
Li^2O	4,71	5,42
F	7,12	6,28
H^2O	2,24	1,38
	100,05	99,79
Densité	2,7995	2,8037

Les indices de réfraction sont les suivants :

	n_g	n_m	n_p	2E
a	1,5562	1,5522	1,5318	74°50′
b	1,5621	1,5570	1,5307	

MUSCOVITE

A Madagascar, la muscovite est moins abondante que la biotite, mais les gisements qui la renferment peuvent être extrêmement riches.

Elle se rencontre dans les granites et surtout dans les pegmatites potassiques, dans les schistes cristallins et les schistes métamorphisés par le granite, mais elle ne présente d'intérêt minéralogique que dans les divers types de gisement suivants :

Roches éruptives.

Pegmatites. — La muscovite est l'un des minéraux caractéristiques des pegmatites potassiques ; je ne connais qu'un seul exemple certain (Antaboaka), dans lequel ce mica accompagne la lépidolite au milieu d'une pegmatite sodo-lithique et encore cette muscovite, beaucoup plus fusible que le type moyen, semble-t-elle avoir une composition un peu spéciale.

Parfois (Samilahy au Nord d'Ambatofinandrahana), les lames de muscovite, jaunes ou incolores, passent à une variété violette qui ressemble beaucoup à la lépidolite, mais n'en possède pas la fusibilité.

A Ampangabe, j'ai recueilli une jolie variété de muscovite jaunâtre remarquablement transparente, associée à de la topaze.

La muscovite distribuée dans le microcline et surtout dans le quartz présente souvent des formes remarquablement nettes, losangiques quand elles sont limitées par *m*, hexagonales lorsqu'il s'y ajoute g^1. Je ne citerai que quelques exemples qu'il serait facile de multiplier à l'infini : vallée de la Loky ; Betainomby, près Bejofo ; plateau d'Antsira dans la région de Tsaratanana ; Tsarahafatra et Tiakoderaina (M. Florens) ; région d'Anjozorobe (vallée de la Mananara près Analabe) ; Ambohipisaka et Ankaramainty dans le Betsiriry ; Fefena. Mais le gisement dont j'ai vu les plus beaux cristaux est Mahitsy, au Nord-Ouest de Tananarive ; les cristaux de dimensions variées, que m'a remis M. Vieille, atteignent 10 centimètres suivant la grande diagonale de *p* et en outre, ce qui est exceptionnel, ils présentent une longueur au moins égale suivant l'axe vertical ; ils sont limités par *m* et par des pyramides très aiguës de la zone *pm* (type de la figure 378, mais sans g^1).

Je signalerai une variété constituée par des masses testacées de muscovite donnant des clivages en forme de calotte sphérique (Sud d'Ampangabe, près d'Ankazomandefitra). Les échantillons qui en proviennent sont très analogues à ceux des pegmatites de la région de Chanteloube (Haute-Vienne) ; dans le même gisement, se trouvent des cristaux hexagonaux de muscovite, groupés autour de cubes de pyrite.

Les lames de muscovite englobent parfois des cristaux de tourmaline noire (rive droite de l'Isakely, à l'Est de Laondany), des cristaux de grenat (Pl. 21, fig. 3) généralement aplatis (Ambatofotsikely, Ampangabe, etc.). Elles sont souvent aussi associées à de la biotite, soit que les lames des deux micas alternent, soit que les cristaux allongés de biotite soient englobés par la muscovite dont ils possèdent l'orientation géométrique (rive droite de l'Isakely).

La muscovite ne se trouve pas seulement dans les pegmatites à l'état disséminé ; elle y constitue aussi des amas de larges cristaux, amas de fort grandes dimensions ; j'en ai vu à Ampangabe, à Sahanivotry, etc. ; le plus souvent, les lames qu'ils constituent présentent des surfaces gondolées, palmées, etc., qui les rendent inutilisables au point de vue pratique, mais dans d'autres cas, elles sont parfaitement planes et alors elles sont recherchées par le commerce. Lorsque j'ai visité Madagascar, l'industrie du mica était à ses débuts ; dans la Colonie, seuls les gisements des monts Olotsingy, que j'ai eu l'occasion de traverser, et celui d'Ambatofotsikely faisaient l'objet de recherches ; ce dernier a fourni des lames attei-

gnant un mètre de diamètre. Pendant la guerre, les recherches sur ce minéral ont pris une très grande extension et de nombreux gisements ont été découverts (Cf. Tome II, Troisième Partie, Chapitre IV). Voici, d'après un rapport de M. Lavila, l'énumération d'un certain nombre de ceux qui ont été prospectés.

Région d'Ankazobe : Antaniditra; Amboasaribe; Ankijanabe; Ambohimainty; Ambohitravolobe; Imerinavaratra. — Région du lac Alaotra : Andranovola; Andreba; Andilana[1]; Ankaraoka; Mangalaza: Vohidrazana; Anony; Ankitsika. — Région de Betafo : rivière Fiatery; Antanimahery, dans le massif de l'Olotsingy; Beravina, au Sud-Est de Tsianana ; Antanimasina ; Ambohimanana ; Nandadiena ; 2 kilomètres Nord-Ouest d'Anjanabonoina. — A l'Ouest d'Ambatofinandrahana; Manantsahala. — Région de Fianarantsoa : Andrainjato; Ankaramaso; Vohitrarivo et Anosivola, sur la Manambovona. — Région d'Andovoranto : Ampasinambo, sur la rivière Ambila. — Bassin de la Saka : Betadina ; Mahizana. — Bassin de l'Ampasary : Vohilava. — Région d'Ifanadiana : Tsaratangona.

Ces grandes lames de muscovite sont parfois complètement transparentes; souvent aussi elles renferment des inclusions noires extrêmement minces de magnétite, s'oxydant aux affleurements, en devenant rouges; elles présentent (Pl. 21, fig. 1 et 2) soit des formes géométriques nettes, soit des formes cristallitiques offrant quelquefois une disposition palmée avec orientation suivant les plans de séparation du mica. Dans d'autres cas, ces inclusions ont des contours quelconques.

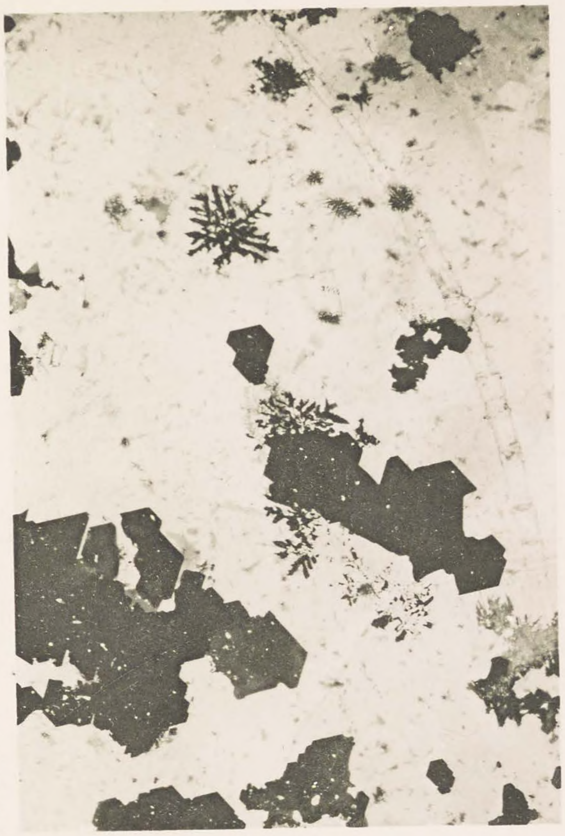
Aplites syénitiques. — La muscovite forme des veines constituées par des lames de quelques centimètres dans une aplite syénitique filonienne d'Andohatsindra, décrite dans le tome II. Elle se trouve aussi en cristaux drusiques, avec hématite et tourmaline, dans les fentes de la même roche.

J'ai vu des agrégats miarolitiques de cristaux nets de muscovite un peu verdâtre, d'hématite spéculaire, de rutile et de quartz qui ont été recueillis à l'état libre dans la région d'Itorendrika; ils proviennent probablement d'un gisement analogue dont je ne puis préciser la place.

1. M. Krafft m'a remis une lame de muscovite d'Andilana, sur les bords du lac Alaotra, mesurant 30 centimètres de diamètre. On y voit par transparence un enchevêtrement d'empreintes de racines qui s'étaient développées entre les feuillets du mica; la forme allongée et peu ramifiée de ces racines, le développement de leur coiffe, l'existence probable de diaphragmes, de place en place, sont autant de raisons qui militent en faveur de plantes aquatiques; malheureusement à peu près toute trace de structure anatomique a disparu. Cette observation prouve qu'antérieurement, le lac recouvrait ce gisement qui se trouve actuellement beaucoup au-dessus du niveau des plus hautes eaux.



1



2



3



4

Clichés Cintract. Imp. Catala frères, Paris.

Muscovite ; Ambatofotsikely (inclusions ferrugineuses) (fig. 1 et 2), inclusions de grenat (fig. 3).
Grenat corrodé (fig. 4) ; Midongy.

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

Schistes cristallins.

Micaschistes et quartzites. — La muscovite des schistes cristallins ne présente pas en général de particularités intéressantes, sauf lorsqu'elle appartient à la variété chromifère, la *fuchsite* ; tel est le cas de celle des gisements suivants :

Les quartzites de la Haute-Saka, affluent du Mananjary, sont localement très riches en une fuchsite d'un vert foncé; le même minéral, mais en paillettes plus petites et de couleur plus claire, constitue, à lui seul, un micaschiste au confluent de la Mandrina et de la Lokotra.

Un quartzite friable, très riche en quartz et renfermant des lamelles (*pm*) de fuchsite, d'un magnifique vert émeraude, se trouve à Ambatobe, dans le bassin de l'Ivoloina, au Sud-Ouest du confluent de ce fleuve et de la Volotara. Ces lames atteignent 3 millimètres dans les lits, où elles sont peu abondantes ; elles ont un polychroïsme intense : n_g = vert émeraude, n_m = vert jaune, n_p = vert bleuâtre.

Les bancs de quartzites intercalés dans les gneiss de la rive gauche du Maevarano, à Antsohanavony, renferment de belles lames du même minéral. C'est probablement de ce genre de gisement que proviennent des blocs roulés de quartz, d'un beau vert, colorés par de petites paillettes de fuchsite, que l'on trouve dans le Sambirano, notamment à Ambaliha.

MANANDONITE

$Si^6O^{53}Al^{14}B^4Li^4H^{24}$.

Propriétés cristallographiques. Pseudohexagonale. Clivage basique micacé.

Dureté. 5. *Densité.* 2,89.

Propriétés optiques. Incolore ou blanche. Éclat nacré sur le clivage facile. Transparente en lames minces.

Optiquement positive. Une lame basique, examinée en lumière polarisée parallèle, se divise en six secteurs biaxes, dans lesquels le plan des axes est parallèle aux côtés de l'hexagone. La bissectrice aiguë (n_g) est sensiblement perpendiculaire à la lame. $2E = 30$ à $0°$ (par entrecroisement) ($n_g - n_p = 0.014$ env.).

Propriétés chimiques. Fusible sur les bords en un émail blanc, en colorant la flamme en rouge intense. Attaquable par l'acide sulfurique.

Diagnostic. Se distingue des micas lithiques par les propriétés optiques, de la bityite par son signe optique positif, de la *cookéite* dont elle possède les propriétés optiques, par la présence de B^2O^3 (voir plus loin).

GISEMENTS

J'ai désigné [61] sous le nom de manandonite un minéral que j'ai rencontré dans les cavités de corrosion de la pegmatite à rubellite d'Antandrokomby. Il forme de petites masses lamelleuses, ressemblant à un mica blanc, associées à un peu de rubellite, d'un rouge très foncé, et englobées par du quartz. Il recouvre aussi des cavités du quartz de ses croûtes à surface mamelonnée, sur lesquelles on reconnaît des contours hexagonaux. Ce minéral paraît fort rare et tout ce que j'en ai recueilli provient d'une même géode.

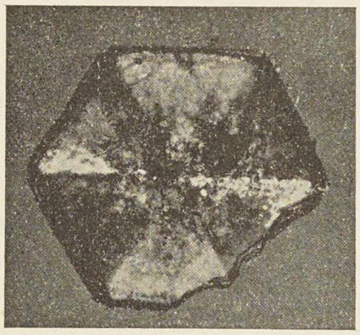


Fig. 379. — Manandonite d'Antandrokomby. Clivage p en lumière polarisée parallèle.

L'analyse *a*) a été faite par M. Pisani sur une matière que j'avais soigneusement purifiée par les liqueurs denses.

Après la publication de ma description de la manandonite, je me suis aperçu que les propriétés de ce minéral étaient celles de la *cookéite* qui, à Hebron (Maine), se trouve dans des conditions analogues, ainsi que j'ai pu le constater au cours de la visite que j'ai faite en 1913 à ce gisement célèbre. Je me suis donc demandé s'il n'y avait pas identité entre les deux minéraux [80] ; j'ai prié M. Pisani de vouloir bien refaire l'analyse de la manandonite sur le peu de matière qui me restait, après avoir vérifié une nouvelle fois qu'elle ne renfermait pas d'inclusions de tourmaline. Les résultats donnés en *b*) ne laissent pas de doute sur la différence de composition des deux minéraux, étant donné (*c*) l'analyse de Collier, publiée par M. G. J. Brush[1] dans sa description de la cookéite, et celle *d*, plus récente, due à Penfield (*Am. Journ. of Sc.*, t. 45, 1893, p. 393).

	a	*b*	*c*	*d*
SiO^2	25,20	25,20	34,93	34,00
Al^2O^3	47,02	49,20	44,91	45,06
B^2O^3	9,25	6,95	»	»
MgO	»	0,11	»	»
Li^2O	3,97	3,75	2,82	4,02
K^2O	0,20	0,31	2,57	0,14
Na^2O	0,48	0,40	»	0,19
H^2O	14,10	14,50	13,41	14,96
	100,22	100,42	99,49[2]	99,32[3]

1. *American Journ. of Science*, t. 41, 1866, p. 246.
2. Y compris H^2O 0,38 ; SiF^4 0,47.
3. Y compris Fe^2O^3 0,45 ; CaO 0,04 ; F 0,46.

GROUPE DES CHLORITES

Les chlorites pourvues de formes géométriques (*orthochlorites*) se rapportent aux trois types suivants :

Pennine.	$Si^8O^{45}Al^4Mg^{13}H^{20}$
Clinochlore.	$Si^3O^{18}Al^2Mg^5H^8$
Ripidolite.	$Si^{13}O^{90}Al^{14}Mg^{23}H^{40}$

Propriétés cristallographiques. Ces minéraux sont monocliniques et possèdent les mêmes propriétés que les micas, mais les lames de clivage, tout en étant flexibles, ne sont pas élastiques. On y rencontre les mêmes macles. Seul le clinochlore se trouve en cristaux riches en faces : $a : b : c = 0{,}57735 : 1 : 2{,}2772$; $zx = 89°40'$; la pennine est pseudorhomboédrique (lames de clivages triangulaires).

Dureté. 2 à 2,5. *Densité*. 2,65 à 2,78 (*clinochlore*) ; 2,60 à 2,84 (*pennine*) ; 2,78 à 2,96 (*ripidolite*).

Propriétés optiques. Généralement vertes ; quelquefois blanches ou violacées. Éclat nacré sur le clivage. Uniaxes (pennine) ou biaxes à axes rapprochés (*ripidolite*). Optiquement positive (*clinochlore*) avec $\rho < v$ ou négative (pennine, ripidolite) avec $> v$. Polychroïsme net, avec minimum d'absorption suivant l'axe perpendiculaire à p. Biréfringence faible : 0,011 (clinochlore) ou très faible 0,01 à 0,03 (pennine et ripidolite). $n_g = 1{,}596$; $n_m = 1{,}588$: $n_p = 1{,}585$ (chlinochlore).

Propriétés chimiques. La pennine et le clinochlore se rapprochent fréquemment de la composition théorique suivante : SiO^2 32,5 ; Al^2O^3 18,4 ; MgO 36,1 ; H^2O 13,0, dans laquelle une certaine quantité de magnésium est remplacée par du fer ; dans la ripidolite, au contraire, la proportion de fer est plus grande que celle du magnésium.

Au chalumeau, la fusibilité croît avec la teneur en fer. Décomposées par SO^4H^2.

Diagnostic. Se distinguent des micas par l'absence des alcalis, le défaut d'élasticité des lames de clivage et la faible biréfringence.

GISEMENTS

Les chlorites sont au nombre de ces minéraux communs, qui se rencontrent dans un très grand nombre de gisements, mais qui ont été peu recueillis, parce que dans aucun d'entre eux ils ne se présentent avec des particularités bien remarquables.

Voici seulement quelques localités qu'il me paraît utile de signaler.

Schistes cristallins et roches métamorphiques.

Le clinochlore et la pennine sont les éléments caractéristiques des chloritoschistes : en général ces roches, pour lesquelles je renvoie au tome II, renferment l'un ou l'autre de ces minéraux. Voici trois exemples typiques.

Les chloritoschistes d'Ambodimanga sont essentiellement constitués par de la pennine ; ceux de la Volotarana et des environs de Maevatanana par du clinochlore.

Les veinules quartzeuses à cordiérite du mont Tsilaizina sont localement séparées des micaschistes par une roche presque entièrement constituée par du clinochlore, qui, çà et là, forme des lames d'un vert sombre de plusieurs centimètres de diamètre. Cette sorte de chloritoschiste renferme de gros cristaux de tourmaline noire.

Parmi les roches silicatées, qui accompagnent la chalcosite, à Mandro, il faut signaler celles qui sont constituées par de la hornblende, mélangée à de grandes lames d'un clinochlore semblable à celui du gisement précédent.

On trouvera décrite dans le chapitre *Chloritoschistes* une curieuse roche compacte verte, marbrée de rouge, essentiellement constituée par du clinochlore peu ferrugineux (*leuchtenbergite*), qui existe aussi en petites paillettes dans une autre roche, riche en cummingtonite. Ces roches sont intercalées dans des quartzites et des gneiss entre Maevatanana et le Nandrojia.

Filons de quartz. — Le quartz hyalin des filons ou des druses à cristaux renferme quelquefois des agrégats vermiculés ou des masses de ripidolite, ressemblant à de la mousse. Tous les détails de leur structure peuvent être examinés grâce à la limpidité du minéral qui les enveloppe. Tel est le cas réalisé en particulier à Ampangabe et dans la région de Laondany (gros cristaux de quartz à formes nettes).

Les micaschistes de Marambo (Nord de la presqu'île de Masoala) renferment des veines de quartz contenant de petites masses de ripidolite écailleuse.

Roches éruptives.

Les chlorites se rencontrent dans un grand nombre de roches éruptives comme produit secondaire, soit à l'état d'épigénie de divers minéraux (micas dans les granites par exemple), soit à l'état de cristaux néogènes (clinochlore dans la serpentine de Valojoro, dans les fentes des diabases, etc.).

Deux chlorites malgaches seulement ont été analysées dans mon laboratoire par M. Orcel qui en continue l'étude ; ce sont des ripidolites, *a* de Marambo

et *b* d'Androta : la composition de la première est représentée par la formule $Si^2O^{13}Al^2FeMgH^6$, celle de la seconde par $Si^3O^{20}Al^4Fe^2Mg^3H^8$.

	a	b
SiO^2	25,60	26,63
TiO^2	0,02	0,03
Al^2O^3	21,05	30,60
Fe^2O^3	3,83	1,85
FeO	22,30	18,73
MnO	0,28	0,52
MgO	15,84	9,57
CaO	0,07	0,63
H^2O +	11,36	11,65
—	0,10	0,08
	100,45	100,29
Densité	2,945	2,874

Gisements de nature incertaine.

A Antohidrano, du clinochlore, en lames de 1 centimètre de diamètre, à clivages très brillants, forme, avec corindon et pléonaste la roche spéciale dont il est question page 253.

Je dois à MM. Dropsy et Rossi des lames de $0^m,10$ de diamètre d'un minéral optiquement positif ($2E = 50°48'$) présentant tous les caractères extérieurs d'un mica vert foncé transparent et notamment l'élasticité ainsi que les propriétés optiques d'un tel minéral. Cet échantillon provient d'Ankafotra à l'Ouest d'Ambatofinandrahana), non loin du gisement de rutile décrit plus haut.

L'analyse suivante faite par M. Raoult montre qu'il ne s'agit là ni d'un mica ni d'un véritable clinochlore : elle correspond à une formule ($Si^2Al^2Mg^4H^4O^{13}$), différente de celle du clinochlore; l'étude de ce minéral est à compléter.

SiO^2	29,82
Al^2O^3	21,58
Fe^2O^3	3,47
FeO	3,44
MgO	32,67
CaO	0,56
Na^2O	0,41
K^2O	0,38
H^2O +	7,13
Cl	0,13
F	0,23
	99,82

L'analyse spectrale indique des traces de Baryum.

Je possède des lames d'un minéral analogue (15 centimètres de diamètre) provenant de l'Ouest d'Avonomby au Sud-Est d'Ieninkenina ; elles présentent les

mêmes caractères avec cette réserve toutefois que par l'absence de flexibilité, cette substance rappelle le clinochlore normal.

Je n'ai pas de précision sur le mode de gisement de ces minéraux.

DELESSITE

$Si^4O^{23}(Al,Fe)^4(Fe,Mg)^4H^{10}$.

La delessite appartient au groupe des *leptochlorites*, généralement riches en fer, à composition très compliquée et le plus souvent dépourvues de formes géométriques ; les propriétés générales sont celles des chlorites. Les propriétés particulières de la delessite sont les suivantes :

Densité. 2,6 à 2,9.

Propriétés optiques. Vert olive à vert noir. Optiquement négative ; axes optiques presque réunis ; $n_g - n_p = 0{,}014$.

Propriétés chimiques. Difficilement fusible au chalumeau sur les bords. Facilement attaquable par HCl, en donnant de la silice floconneuse.

Diagnostic. Se distingue des orthochlorites par sa biréfringence plus grande.

GISEMENTS

La delessite se rencontre d'ordinaire dans les roches volcaniques basiques ; elle y forme des rosettes de petites lamelles vertes. Dans les cavités bulleuses de ces laves, elle constitue un revêtement uniforme que recouvrent parfois des cristaux de quartz ou de zéolites. Tel est en particulier le cas réalisé dans la labradorite à grands cristaux de labrador de Vohitindry, sur la rive droite de la Matitanana.

GLAUCONIE

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. Clivage p (001), analogue à celui des micas et des chlorites.

Dureté. 2. *Densité*. 2,8.

Propriétés optiques. Optiquement négative ; vert olive à vert noir, jaunissant par altération. Transparente seulement en lames minces.

Bissectrice aiguë, normale à p ou à peu près. $2E = 0$ à $40°$; $n_g - n_p = 0{,}02$.

Propriétés chimiques. La glauconie est un silicate de fer (FeO) et de potassium, avec un peu d'aluminium, de magnésium et de l'eau. Sa formule chimique n'est pas établie d'une façon définitive.

Donne de l'eau dans le tube. Au chalumeau, fond en un verre noir. Décomposée par HCl à chaud.

Diagnostic. La structure cryptocristalline des grains arrondis de glauconie est très caractéristique. Sa haute teneur en potassium ne permet pas de la confondre avec une chlorite.

GISEMENTS

La glauconie est un minéral des roches sédimentaires; elle se rencontre dans un petit nombre des formations crétacées de l'Ouest sous sa forme habituelle de petits grains verts dont la cristallinité n'est visible qu'au microscope (voir tome II, *Roches sédimentaires*).

Une mention spéciale est due au grès vert albien d'Ankomaka, sur le Manombo, au Nord de Tuléar, dans lequel, par place, la glauconie arrive à former la plus grande partie du sédiment; celui-ci ressemble à certains types pétrographiques du Crétacé inférieur des Alpes-Maritimes. Une roche analogue se trouve à Behena, dans l'Ambongo.

CÉLADONITE

La céladonite possède à tous égards des propriétés très voisines de celles de la glauconie (le potassium est accompagné de beaucoup de sodium) ; elle se rencontre dans les roches volcaniques altérées.

GISEMENTS

De beaux globules de céladonite, d'un vert sombre, se trouvent dans les cavités des basaltes de l'îlot Ankazoberavina; ils sont parfois moulés par de la calcite limpide, par du quartz et de la calcédoine.

Le même minéral se rencontre dans le basalte doléritique altéré de l'Ilot Boisé sur la côte Nord-Ouest de Madagascar.

J'ai montré [85] que la céladonite constitue le pigment des variétés vertes d'opale et de jaspe appelées *plasma* qui abondent dans certains gisements, volcaniques ou autres, de Madagascar: Ilot Ankazoberavina ; presqu'île d'Ankarefo (notamment aux environs d'Ampasimpitily et d'Ambohibao); Betioky, etc. Elle y constitue de petites lamelles hexagonales groupées en festons de forme élégante et variée (fig. 380).

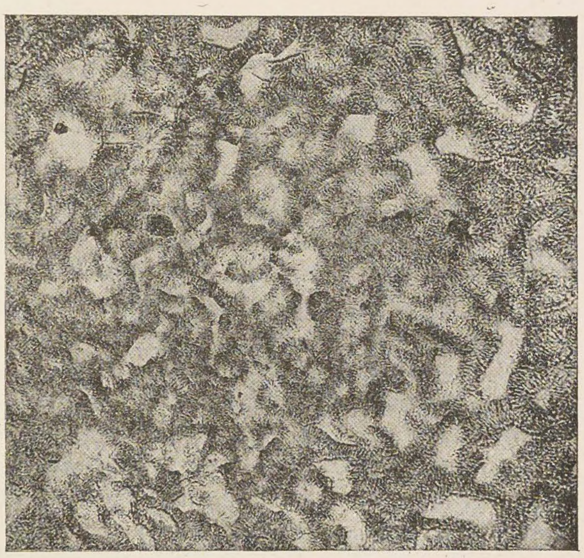


Fig. 380. — Céladonite colorant le plasma d'Ankazoberavina (Lame mince ; lumière naturelle ; grossiss. 30 diam.).

J'ai essayé de préciser la composition de ce minéral (Ankazoberavina), mais je n'ai pu arriver à purifier complètement une quantité suffisante de matière pour une analyse totale. J'ai dû me contenter d'une analyse partielle; d'un essai effectué sur une certaine quantité de plasma traité par HCl, on peut déduire les rapports suivants :

$$\underset{2}{Fe^2O^3} : \underset{5}{(Fe, Mg, Ca)O} : \underbrace{\underset{1,1}{(K, Na)^2O} : \underset{3,8}{H^2O}}_{5}$$

Il resterait à déterminer le rapport de la silice aux autres éléments pour obtenir la composition complète de ce minéral qui se rapproche de la céladonite typique du mont Baldo (Vicentin), sans lui être absolument identique au point de vue chimique.

GROUPE DES MINÉRAUX DE LA SERPENTINE

ANTIGORITE ET CHRYSOTILE

$Si^2O^9Mg^3H^4$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombiques. Pseudocubiques. Clivages : h^1 (100) micacé et parfois suivant g^1 (010) et p (001) (*antigorite*); structure lamelleuse ou fibreuse, parfois asbestiforme (*chrysotile*).

Dureté. 3 à 4. *Densité.* De 2,55 à 2,58.

Propriétés optiques. Verts de diverses nuances, jaune, blanc grisâtre. Transparents en lames minces. Éclat un peu gras (antigorite), soyeux (chrysotile).

Le plan des axes est parallèle à g^1, n_g est parallèle à l'axe vertical. L'antigorite est optiquement négative, la bissectrice aiguë est perpendiculaire à h^1. $2E = 110°$, devenant parfois nul par entrecroisement de lames. $n_m = 1,570$ (antigorite). Le chrysotile est optiquement positif, la bissectrice est parallèle à l'allongement des fibres. 2E est très petit.

Donne de l'eau dans le tube. Difficilement fusible sur les bords.

Propriétés chimiques. La composition théorique est : SiO^2 43,0 ; MgO 44,1 ; H^2O 12,9. ; il existe généralement un peu de fer.

Plus ou moins attaquable par HCl et SO^4H^2.

Diagnostic. Les propriétés optiques permettent de distinguer l'antigorite du chrysotile et des autres silicates de magnésie hydratés.

GISEMENTS

L'antigorite est le produit cristallisé qui constitue les serpentines (voir tome II, le chapitre des péridotites). Dans une serpentine jaune d'or provenant de l'Est du Mont Sarobaratra, l'antigorite apparaît avec une cassure vitreuse un peu grasse, constituant un réseau autour des grains non transformés d'olivine.

Ce minéral épigénise aussi des cristaux de bronzite, en s'orientant sur eux; ces pseudomorphoses constituent la *bastite*, dont de beaux échantillons peuvent être recueillis dans la péridotite serpentinisée nickélifère de Valojoro, dans les serpentines de Vohipotsy, etc.

Le chrysotile forme dans ces mêmes roches de petits filonnets minces, jaunes ou verdâtres, fibreux, à éclat soyeux, n'ayant guère plus d'un millimètre d'épaisseur. Il se trouve dans toutes les serpentines de l'île, mais, à ma connaissance, il n'existe en beaux échantillons, dans aucune d'entre elles.

BOWLINGITE (IDDINGSITE)

La bowlingite est une variété ferrifère d'antigorite; verte lorsqu'elle est fraîche, elle devient jaune ou d'un brun rouge et très polychroïque, quand elle est oxydée. Elle résulte toujours de a décomposition de l'olivine et s'oriente généralement sur elle, de telle sorte que sa face h^1 (100), parallèle au clivage facile, coïncide avec p (001) de l'olivine.

GISEMENTS

Ce minéral est fréquent à Madagascar dans toutes les roches basiques renfermant du péridot : basaltes, diabases, mais il n'est déterminable qu'à l'aide du microscope (voir à ces roches).

XYLOTILE

Le xylotile est une substance ayant l'aspect du vieux bois, il est quelquefois verdâtre et plus souvent brun. La densité est 2,4 à 2,56. Les propriétés optiques sont les mêmes que celles du chrysotile, mais avec une biréfringence de 0,026 et un polychroïsme intense dans les teintes jaunes, avec maximum suivant n_g. Le xylotile se comporte vis-à-vis de HCl comme l'antigorite, mais il perd rapidement son fer en laissant un squelette de silice.

GISEMENTS

Le xylotile, en masses fibreuses, brunes, accompagne la calcite et la pyrite dans les fentes de la diabase de Farafaty, près de Tamatave; c'est donc un minéral de formation secondaire.

L'analyse suivante a été faite par M. Couyat-Barthoux [3 *bis*] sur un échantillon recueilli par Geay.

SiO^2	49,95
Fe^2O^3	13,17
FeO	5,18
MgO	14,20
CaO	0,09
H^2O	16,96
	99,00

Il s'agit donc bien d'une variété très ferrifère de chrysotile, dont une partie du fer a été peroxydée.

NOUMÉITE

$SiO^4(Ni,Mg)H^2$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique : cryptocristalline.

Dureté. 3. *Densité.* 2,87.

Propriétés optiques. Vert pomme plus ou moins foncé. Éclat gras ou aspect terreux *(garniérite)*, brillant sur les plans de glissement. La cristallinité n'apparaît qu'au microscope (fibres allongées suivant n_g (bissectrice aiguë, avec angle des axes très petit).

Propriétés chimiques. Le rapport Ni : Mg est extrêmement variable, il existe des types presque exclusivement nickélifères, renfermant : SiO^2 35,45 pour 100, NiO 45,15 ; MgO 2,47 ; H^2O 15,55, mais on trouve tous les passages à des types dans lesquels la proportion des deux oxydes est renversée et qui sont des silicates de magnésie presque purs.

Au chalumeau, se délite, puis devient vert olive sans fondre. Attaquée par SO^4H^2. La solution donne les réactions du nickel et de la magnésie.

Diagnostic. La coloration vert pomme et la structure, ainsi que les réactions du nickel sont caractéristiques de ce minéral.

GISEMENTS

On trouvera tome II la description du gisement nickélifère de Valojoro au Sud d'Ambositra. La nouméite forme dans la serpentine de petites veines anastomosées

ayant quelques millimètres d'épaisseur; sa couleur est d'un vert pomme très vif. Tantôt le minéral est compact et tantôt il présente une structure concrétionnée, avec une surface mamelonnée quand il existe de petites cavités. L'examen microscopique montre que la structure intime est cristalline (fibreuse) et identique à celle de la nouméite de la Nouvelle-Calédonie.

Une analyse partielle, faite sur un échantillon particulièrement pur, a fourni à M. Arsandaux 35 pour 100 de silice et 26 pour 100 d'oxyde de nickel : c'est là la composition du minéral et non pas du minerai qui, en moyenne, n'a guère plus de 6 pour 100 de NiO.

Un gisement analogue a été plus récemment découvert au Mont Vohitsilandanitra à l'Est-Nord-Est d'Ambatondrazaka, entre Andilambe (1 280 mètres) et le point 1 150 mètres (rive gauche de l'Onibe à l'Ouest de Manakambahiny). La nouméite qu'il renferme est semblable à celle de Valojoro ; la serpentine est d'un jaune vif.

TALC

$Si^4O^{12}Mg^3H^2$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique, pseudohexagonal. Clivage p (001) donnant des lames minces flexibles, mais non élastiques.

Dureté. 1. Sectile. Toucher gras. *Densité.* 2,7 à 2,8.

Propriétés optiques. Blanc, vert, gris, noirâtre. Transparent ou translucide. Éclat nacré sur les surfaces de clivage.

Optiquement négatif, plan des axes optiques parallèle à h^1 (100); bissectrice aiguë, normale à p. $2E = 15$ à $20°$. $n_g - n_p = 0{,}35$.

Propriétés chimiques. La composition théorique est: SiO^2 63,5 ; MgO 31,7; H^2O 4,8. Dans le tube, ne donne de l'eau qu'à haute température.

Difficilement fusible sur les bords en émail blanc. Inattaquable par les acides.

Diagnostic. Se distingue de la muscovite par sa faible dureté, le défaut d'élasticité de ses lames, l'absence d'alcalis et d'alumine.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Péridotites serpentinisées. — La serpentine nickélifère de Valojoro renferme le talc sous deux formes. De petites lames de quelques millimètres de diamètre, d'un très beau vert pomme (nickélifère), facilement clivables, sont englobées

dans des produits magnésiens d'altération, amorphes, eux-mêmes d'un vert clair. En second lieu, cette même serpentine est traversée par une veine de plus d'un mètre d'épaisseur, constituée par des baguettes de trémolite, mesurant plus d'un décimètre de longueur ; elles sont plus ou moins complètement épigénisées par de grandes lames nacrées de talc d'un blanc grisâtre. Ce gisement fournit de magnifiques échantillons; il est probable qu'il a fourni celui rapporté par Catat, avec l'indication Ambohimanga Atsimo, et décrit par Jannettaz [22].

Schistes cristallins[1].

La stéatite, variété schisteuse ou compacte de talc, forme des lits dans la série calcaréo-quartziteuse de la vallée de la Sahatany et du mont Bity (près de Fitamalama et sur le versant oriental du mont Bity, à Ambohiponenana, à Ifosa, près Ambohimanarivo). Elle constitue une roche, tantôt compacte, tantôt écailleuse, blanche ou d'un gris blanchâtre, parfois un peu verdâtre. Cette stéatite se travaille au couteau; l'examen microscopique y montre parfois des aiguilles de trémolite, en partie transformées, de telle sorte que l'on peut penser qu'une partie au moins de ce talc constitue une pseudomorphose. La stéatite est utilisée par les indigènes pour la fabrication de divers objets, tels que des chandeliers. Les Mahafaly fabriquent leurs pipes avec une stéatite gris verdâtre des environs d'Ampanihy. Il existe aussi des variétés à grain fin d'un très beau blanc.

A Ambohiponenana, le talc est au contraire en lames assez grosses, et renferme en abondance des cristaux raccourcis de tourmaline magnésienne.

J'ai recueilli le même minéral, en petites masses lamelleuses, au milieu d'actinote verte formant une roche, associée à des gneiss à pyroxène près de la fouille ouverte dans la pegmatite de Samiresy.

Des lames de talc blanc nacré accompagnent le clinochlore et l'actinote dans les chloritoschistes à grands éléments de Maevatanana.

PALYGORSKITE

Les substances qualifiées de *cuir*, de *liège*, de *carton de montagne*, malgré leurs analogies de caractères extérieurs avec certaines asbestes, en sont cependant nettement distinctes. M. Fersmann qui en a systématisé l'étude considère leur composition chimique comme représentée par la formule générale : $x\,(Si^3O^{12}Mg^2H^8)$ (*parasépiolite*). $y\,(Si^{42}O^{12}Al^2H) + H^2O$ (*paramontmoril-*

1. Pour plus de détails, voir tome II, l'article *talcschiste*.

lonite). D'après la valeur du rapport $x : y$, on peut diviser ces minéraux en deux groupes; les *palygorskites* proprement dites, dans lesquelles $x : y$ est égal ou plus petit que 1 et les *pilolites* dans lesquelles ce rapport est plus grand.

La *densité* apparente est d'environ 1,47. La coloration est d'un blanc jaunâtre. Ces minéraux peuvent absorber une très grande quantité d'eau. Calcinés ils perdent l'eau absorbée, puis leur eau de combinaison, ils se contractent alors énormément en une masse poreuse et légère, dure et cassante.

Au chalumeau, ils fondent en un verre incolore et un peu bulleux; ils sont faiblement attaquables par HCl.

Diagnostic. La teneur en eau et en alumine, l'absence de la chaux établissent la distinction avec la trémolite asbestiforme.

GISEMENTS

Les minéraux du groupe de la palygorskite sont toujours d'origine secondaire; je connais les trois gisements suivants :

Dans les fentes des calcaires du massif du mont Bity, se rencontre la variété de palygorskite désignée sous le nom de *cuir de montagne ;* elle constitue des masses flexibles, blanches ou jaunâtres, se gonflant dans l'eau. J'en ai vu d'assez grandes quantités entre les mains des prospecteurs d'Antsirabe, qui les considéraient comme de l'asbeste; il m'a été impossible d'obtenir d'indication précise sur leur gisement.

Les fentes des schistes cristallins de la région de Maevatanana sont localement parcourues par des veinules d'une variété de palygorskite vaguement fibrolamellaire et dure.

Les cryptes de la pegmatite de Maharitra sont parfois remplies par une matière d'un jaune chamois, tendre au toucher, un peu savonneux. Elle encroûte les cristaux drusiques. Elle se délaye facilement dans l'eau, à laquelle elle donne un aspect satiné, dû à la mise en liberté de petites paillettes cristallines.

L'analyse suivante faite par M. Arsandaux (*in* A. Lacroix, [26]) montre que ce minéral doit être rapproché du groupe des palygorskites malgré son aspect spécial et malgré sa teneur en chaux. Je n'en ai eu malheureusement qu'une quantité insuffisante pour en faire une étude plus complète.

SiO^2	50,6
Al^2O^3	25,1
Fe^2O^3	0,5
MgO	7,2
CaO	4,9
H^2O	11,7
	100,0

GROUPE DE LA KAOLINITE

KAOLINITE

$Si^2O^9Al^2H^4$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. Petites lamelles pseudohexagonales, très aplaties, se groupant en accordéon et donnant par leur agglomération, des masses onctueuses au toucher, incohérentes ou s'écrasant sous la pression du doigt (*kaolin*). $a : b : c = 0{,}5748 : 1 : 1{,}5997$; $zx = 83°11'$; $mm = 120°34'$. Clivage p (001) parfait.

Dureté. 2,5. *Densité*. 2,63.

Propriétés optiques. Incolore, blanche. Éclat nacré sur le clivage. Quand les lames sont très petites, le minéral vu en masse a l'aspect terreux.

Optiquement négatif, le plan des axes optiques est incliné d'environ 20° sur la normale à p. Bissectrice obtuse perpendiculaire à g^1. $2V = 90°$ environ. $n_g - n_p = 0.007$.

Propriétés chimiques. La formule donnée plus haut correspond à SiO^2 46,5 ; Al^2O^3 39,5 ; H^2O 14,0. Dans le tube, donne de l'eau. Infusible, inattaquée par HCl, mais décomposée par So^4H^2.

Diagnostic. Se distingue des micas, du talc par les réactions chimiques et par sa biréfringence très faible.

GISEMENTS

La kaolinite résulte essentiellement de l'altération des feldspaths et peut se trouver par suite parmi les produits de décomposition (*kaolin* [1]) de toutes les roches renfermant ceux-ci. Je renvoie pour plus de détails au chapitre du tome II consacré à cette question.

Roches éruptives.

Pegmatites. — Je rappellerai seulement que la kaolinite en belles paillettes peut être surtout étudiée dans les pegmatites kaolinisées où ce minéral se trouve parfois à l'état particulièrement pur.

Exemples : Maharitra ; Mandrihariva ; Sud-Est de Mandritsara, à l'Ouest d'Ambatoafo, près du chemin d'Anosibe à Tsiazompaniry ; environs de Behenjy, etc.

1. La kaolinite est le silicate alumineux cristallisé du kaolin qui comprend en outre des restes non altérés (quartz, feldspaths) de la roche originelle.

Gisements métallifères.

J'ai décrit [32] de jolies paillettes nacrées de kaolinite remplissant les cavités du filon de calcite et d'ankérite, qui contient de la galène et de la blende, et traverse le calcaire d'Ankalampobe à Nosy Be.

Alluvions. — M. Perrier de la Bathie m'a communiqué un curieux échantillon formé de petites paillettes blanches nacrées dont il a trouvé à Ambatolampy un banc recouvert par une couche de tourbe ; elles présentent les propriétés optiques de la kaolinite, mais elles sont remplies d'inclusions de forme et de nature indistinctes qui me font penser qu'il s'agit sans doute là d'une épigénie d'un mica plutôt que d'une kaolinite primaire.

L'analyse suivante de M. Raoult conduit au rapport $SiO^2 : Al^2O^3 : H^2O = 2,56 : 1 : 2,1$. C'est donc un kaolin mélangé à un peu de silice.

SiO^2	51,22
Al^2O^3	33,97
Fe^2O^3	0,76
FeO	0,79
CaO	0,18
TiO^2	0,59
H^2O +	12,80
	100,31

FARATSIHITE

$Si^2O^9(Al, Fe)^2H^4$.

Formes. Mêmes formes et même structure que la kaolinite, mais constitue des masses poreuses, tenaces, s'aplatissant sous le choc, sans se pulvériser. Happe à la langue. La structure cristalline (lamelles empilées en agrégats vermiformes) n'est visible qu'au microscope.

Dureté. 2,5. *Densité* apparente un peu supérieure à 2.

Propriétés optiques. Jaune clair. Mêmes propriétés optiques que la kaolinite, mais biréfringence un peu supérieure.

Propriétés chimiques. L'analyse suivante a été faite par M. Raoult sur un échantillon d'Ambondrona.

SiO^2	41,60
Al^3O^3	22,68
Fe^2O^3	15,22
FeO	0,54
MgO	0,11
CaO	0,60
Na^2O	0,16
K^2O	0,22
TiO^2	0,13
P^2O^5	0,21
H^2O +	13,02
—	5,71
	100,20

L'eau perdue à 105° est de l'eau adsorbée, qui disparaît dans le dessiccateur à SO^4H^2. C'est cette analyse qui m'a conduit à considérer ce minéral comme une espèce distincte. Il possède la même formule que la kaolinite; le rapport $Al^2O^3 : Fe^2O^3$ est 2,2 : 1. Dans le tube noircit en donnant de l'eau: fond assez facilement au chalumeau en donnant un verre noir.

Attaquable par HCl, en laissant de la silice pulvérulente.

Diagnostic. Se distingue de la kaolinite par sa couleur, sa texture (tenacité) et par sa richesse en fer, de la nontronite par la prédominance de l'alumine sur le fer.

GISEMENTS

J'ai donné ce nom à un minéral [73] provenant de la décomposition du trachyte phonolitique se trouvant à 2 kilomètres au Sud de Faratsiho. Il y accompagne l'opale, mais il constitue aussi, à une cinquantaine de mètres du gisement de celle-ci, des filonnets de 2 à 10 centimètres d'épaisseur, se terminant en pointes et souvent constitués à leurs extrémités par de la psilomélane.

J'ai étudié aussi des échantillons identiques provenant d'Ambondrona, au Nord-Est de Miandrarivo, mais je ne possède pas d'indications sur leur mode de gisement.

Dans ces deux localités, la faratsihite se présente en masses ayant des formes extérieures curieuses, étirées, rappelant celles que l'on obtient en pressant et en tordant dans un linge une matière plastique ; elles sont certainement dues à des actions mécaniques, subies par le milieu très déformable dans lequel ce minéral s'est produit. Ces échantillons ont une surface lisse et brillante, une cassure comme grenue.

Le minéral jaune clair, qui épigénise les feldspaths d'un grand nombre de roches de Madagascar (gneiss d'Antsirabe, etc.), est à rapporter à la faratsihite. Des enduits du même minéral se trouvent dans les fentes de la pegmatite du poste de Behara (Androy).

NONTRONITE

$Si^3O^{12}Fe^2H^6$.

Formes. Mêmes caractères cristallographiques que les minéraux précédents, mais les lamelles élémentaires n'ont pas de formes géométriques. La texture est compacte ou écailleuse.

Dureté. 2,5. *Densité.* 1,78 à 2,3.

Propriétés optiques. Jaune paille à jaune serin, vert clair (*graménite*). Transparente en lames minces.

Optiquement négative, comme la kaolinite, mais les lames bien plus grandes, possèdent une biréfringence plus forte et un polychroïsme faible.

Propriétés chimiques. La formule donnée plus haut correspond à la composition suivante : SiO^2 41,9 ; Fe^2O^3 37,2 ; H^2O 20,9. Il est vraisemblable qu'une partie de l'eau ne fait pas partie de la constitution du minéral.

Dans le tube, donne de l'eau. Infusible au chalumeau, mais noircit et devient magnétique. Attaquable par HCl en faisant gelée.

Diagnostic. Voir à *faratsihite*.

GISEMENTS

La nontronite est un produit d'altération se formant aux dépens des roches les plus diverses.

Dans la pegmatite de Tsaramanga (Tongafeno), les grenats altérés sont quelquefois entourés par une variété de nontronite d'un vert clair, rappelant celle du Siebengebirge qui a été appelée *graménite*. Elle se détache en écailles, à surface brillante et éclat un peu gras.

Par contre, c'est avec l'aspect typique de la nontronite, jaune serin, de la Dordogne, que se présentent des échantillons de la collection Baron (avec la détermination inexacte de serpentine), indiqués comme provenant, l'un de Mandritsara, l'autre de Tsarahonenana (Antsihanaka), c'est-à-dire de régions gneissiques.

Aux environs de Behenjy les roches gneissiques sont transformées en une masse vert serin que beaucoup de prospecteurs ont prise pour de l'autunite. Un échantillon particulièrement pur renfermant des rognons d'une pyroxénite à biotite qui constitue peut-être des restes de la roche originelle a fourni la composition suivante (analyse de M. Raoult).

SiO^2	44,30
Al^2O^3	5,37
Fe^2O^3	29,47
FeO	0,56
MgO	1,74
CaO	1,70
TiO^2	0,18
H^2O +	8,52
—	7,99
	99,83

Si l'on ne tient pas compte de MgO, de CaO ni de l'eau perdue à 100°, la composition se rapproche beaucoup de celle de la nontronite de Nontron analysée jadis par Berthier [3 SiO^2 $(Fe, Al)^2O^3.2H^2O$].

ARGILES

Les argiles, d'origine chimique [1], sont des silicates d'alumine cryptocristallins ou colloïdes, de composition variée; les deux types observés [2] à Madagascar sont:

Halloysite.	$Si^2O^9Al^2H^4 + xH^2O$
Montmorillonite.	$Si^4O^{12}Al^2H^2 + xH^2O$

Une grande partie de l'eau que renferment ces argiles est adsorbée et disparaît par dessiccation. Ces minéraux sont plus ou moins facilement attaquables par l'acide chlorhydrique et ne peuvent être distingués les uns des autres que par une analyse chimique complète.

Une fois sèches, les argiles se rayent à l'ongle; l'*halloysite* a une cassure conchoïdale; placée dans l'eau, elle devient plus ou moins translucide et fait pâte. La *montmorillonite* est très onctueuse au toucher.

Ces argiles sont blanches à l'état de pureté, mais présentent différentes couleurs, quand elles renferment des oxydes métalliques.

GISEMENTS

On verra, tome II, dans le chapitre consacré à la décomposition des roches, que les argiles sont extrêmement abondantes à Madagascar, où elles se forment aux dépens de toutes les roches silicatées alumineuses. Le type le plus fréquent paraît être l'*halloysite*.

Dans quelques gisements, l'halloysite forme des masses homogènes constituant de véritables échantillons de minéralogie. Tel est le cas de ceux formés aux dépens des leptynites de la région d'Ampanihy et des syénites néphéliniques du massif de Bezavona, de ceux qui se trouvent, avec surfaces de glissement, dans la terre rouge du plateau d'Amberimay, sur la rive gauche du Bemarivo, etc.

C'est probablement à l'halloysite qu'il faut rapporter l'argile, rosée ou blanche, épigénisant parfois les feldspaths, le béryl, le triphane, la danburite de Maharitra et de ses environs. Ce minéral a été très abondant au moment de l'exploitation des carrières: je n'ai pu en trouver trace sur les haldes abandonnées, mais M. Dropsy ayant repris récemment cette exploitation, m'a remis un échantillon

1. On verra tome II que la plupart des prétendues argiles sédimentaires, d'origine mécanique, sont de véritables grès à grain extrêmement fin (*pélites*), dans lesquels le silicate d'alumine ne joue souvent qu'un rôle subordonné.

2. L'*allophane* est une argile plus riche en silice ($SiO^5Al^2 . 5 H^2O$); elle est plus dure (dureté 3) que l'halloysite et la montmorillonite; fragile, elle possède un éclat vitreux, avec une translucidité plus ou moin nette. Je ne l'ai pas rencontrée à Madagascar, où sa découverte ultérieure est fort vraisemblable.

rosé dont la composition est celle d'une halloysite presque pure ; l'analyse a, en effet, fourni les résultats suivants à M. Orcel :

SiO^2	42,46
Al^2O^3	36,71
Fe^2O^3	1,04
$H^2O +$	13,75
$H^2O -$	5,82
	99,78

Il n'existe ni alcalis, ni manganèse. Si l'on ne tient compte que de l'eau partie entre 105° et 1 300°, ces résultats conduisent au rapport : $SiO^2 \cdot Al^2O^3 : H^2O = 1,9 : 1 : 2$.

III

SILICATES INTERMEDIAIRES

THORTVEITITE

$Si^2O^7 (Sc,Y)^2$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0,7456 : 1 : 1,14912$; $mm = 107°14'$; $mb^{1/2} = 168°40'$. Clivages nets suivant m (110); plus faciles suivant une face que suivant l'autre, par suite de l'existence de macles suivant cette face ($mm = 146°50'$) ; macles suivant $g^{3/2}$ (150). ($mm = 137°20'$).

Plans de séparation suivant a^{10}. Cassure inégale ou imparfaitement conchoïdale.

Dureté. 6 à 7. *Densité.* 3,571 (Norvège) : 3,492 (Madagascar). Fragile et très fendillée.

Propriétés optiques. Gris verdâtre. Éclat très vif sur le clivage. Transparente en lames minces et à peine teintée en jaunâtre. Optiquement négative; la bissectrice aiguë est parallèle à c. Le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010); $n_g = 1,8030$; $n_g - n_p = 0,05$ environ (Schetelig) (Na). $2V = 50°$. $\rho < v$.

Propriétés chimiques. Le minéral est essentiellement un silicate de scandium et d'yttrium.

Au chalumeau, difficilement fusible. Inattaquable par les acides.

Facilement attaquable par la soude ; la scandine et les autres oxydes (sauf l'alumine et la glucine) restent insolubles. Si l'on dissout dans l'acide sulfurique ce résidu et que l'on étende d'eau, l'acide oxalique détermine un précipité blanc lent à se former : son examen spectroscopique met en évidence la scandine dont les propriétés sont voisines de celles de la thorine. Elle ne donne pas de spectre d'absorption et n'est pas radioactive.

Diagnostic. Les propriétés optiques et les réactions du scandium sont caractéristiques.

GISEMENTS

La thorveitite a été découverte par M. J. Schetelig à Iveland (Norvège)[1] dans une pegmatite à biotite et muscovite, avec euxénite, monazite, xénotime, béryl,

1. *Central-Blatt. Neues Jahrb. f. Miner.* 1911, p. 721.



Clichés Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Almandin-spessartite ; Ampangabe (fig. 1). — *Clinozoïsite ;* Volonandrongo (fig. 3 et 8) ; Thortveitite ; Befanamo (fig. 2, 4, 5, 6). — *Danburite ;* Maharitra (fig. 7 et 9).

A. Challamel, éditeur

ilmenorutile et magnétite. Les cristaux, rarement terminés, atteignent 25 centimètres suivant *c*.

J'ai trouvé [91] un minéral identique à la thortveitite ou tout au moins très voisin dans un lot d'échantillons recueillis par M. Rasamoel dans la pegmatite de Befanamo, à l'Est d'Ankazobe, où il est accompagné de béryl, de strüvérite, de monazite et probablement de fergusonite. Les cristaux que j'ai examinés sont des fragments atteignant 10 centimètres suivant *c* et 3 centimètres de diamètre. Tous sont constitués par le groupement à axes plus ou moins parallèles de nombreux individus d'inégales dimensions ; leurs faces sont souvent éclatantes, mais ondulées, cannelées verticalement. Aucun d'eux n'est terminé par des faces distinctes, ils sont étirés en pointe (Pl. 22, figures 4 et 5), à la façon de la célestite apotome des environs de Paris ; en réalité, il s'agit là d'une déformation du même ordre que celle pouvant être constatée dans la strüvérite, la monazite, le béryl des pegmatites malgaches. Ces cristaux ont été quelquefois brisés, puis ressoudés par du quartz (Pl. 22, fig. 2).

L'examen microscopique de sections parallèles à *p* montre une macle polysynthétique suivant une face *m* ; elle est d'ailleurs parfois visible sur l'autre face *m*, sous forme de cannelures très régulières rappelant celles de l'albite [Pl. 22, fig. 4 (à gauche)]. Cette macle est plus distincte dans les sections transversales examinées en lumière polarisée parallèle. Elle a été observée dans la thortveitite de Norvège, mais il n'en est plus de même pour une autre, fréquente dans les cristaux de Befanamo et qui est toujours binaire ; elle a lieu suivant $g^{3/2}$ (150) ; elle donne lieu à une large gouttière formée par les faces $m[m\underline{m} = 137°20'$ obs.] (Pl. 22, fig. 6).

On a vu plus haut qu'il existe des clivages difficiles parallèles à *m*, mais en outre, quand on fait osciller devant une lumière le sommet brisé d'un cristal, on voit miroiter des plans brillants interrompus dont l'angle avec h^1 (angle plan mesuré dans une section g^1) est de 101° ; cette face correspond à a^{10} (1.0.10) $h^1 a^{10} = 101°49'$. Il s'agit là de plans de séparation d'origine secondaire, accompagnés de lames polysynthétiques qui rappellent celles du pyroxène et de l'amphibole suivant *p*. Cette macle n'est pas connue dans le minéral de Norvège. Les propriétés optiques sont identiques à celles de ce dernier.

Les cristaux de Befanamo sont parfois translucides, d'un vert jaune, souvent tachetés de rouge par des inclusions d'hématite ; par altération, ils deviennent blancs et opaques.

M. de Gramont a bien voulu, avec le concours de MM. Dureuil et Orcel, contrôler ma détermination par l'analyse spectrale, à l'aide de sa méthode des sels fondus dans l'étincelle condensée, en faisant usage de $Na^2 CO^3$; le spectre du

scandium est prédominant, associé à celui de l'yttrium et du néoytterbium ; il existe aussi un peu de zirconium, d'aluminium et de titane.

Au moment du tirage de cette feuille mon confrère M. G. Urbain m'a donné les premiers résultats d'une étude chimique qu'il a entreprise sur une matière que j'ai soigneusement purifiée : SiO^2 44,13 ; ZrO^2 9,96 ; Sc^2O^3 (avec Y^2O^3 et Ny^2O^3) 41,76 ; Fe^2O^3 2,20 ; Al^2O^3(+ GlO) 2,62 = 100,67. Si les résultats définitifs se vérifient, on peut se demander s'il n'y aurait pas lieu de donner un nom spécial à ce minéral, bien plus riche en Sc^2O^3, bien plus pauvre en Y^2O^3 que le minéral norvégien[1], dans lequel, en outre, n'a pas été trouvé de zircone.

La thortveitite étant le seul minéral connu renfermant une grande quantité de scandium, sa découverte à Madagascar présente un vif intérêt ; les minéraux auxquels elle est associée sont les mêmes que ceux trouvés à Iveland.

CORDIÉRITE

$Si^2O^7)^5Al^8(Mg,Fe)^4[OH]^2$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0,58709 : 1 : 0,55850$; $mm = 119°10'$ Macles suivant m (110) et suivant g^2 (130), fréquemment polysynthétiques et donnant parfois des formes pseudohexagonales. Traces de clivages suivant g^1 (010), h^1 (100) et p (001) s'accentuant quand le minéral est en voie d'altération.

Dureté. 7 à 7,5. *Densité.* 2,59 à 2,66.

Propriétés optiques. Bleu de nuance variée, du bleu saphir au bleu noir ou vert ; verdâtre ou grise. Éclat vitreux. Transparente ou translucide.

Optiquement négative, plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë perpendiculaire à p (001). $2V = 39°$ à $84°$. $n_m = 1,543$; $n_g - n_p = 0,006$ à $0,010$. Polychroïque seulement en lames très épaisses, mais auréoles polychroïques jaunes, très intenses, autour d'inclusions de zircon (maximum d'absorption suivant n_p).

Propriétés chimiques. Dans la formule donnée plus haut, le rapport Mg : Fe n'est pas constant, ce

1. Les analyses de ce minéral ont donné les résultats suivants : *a*, par M. Schetelig ; *b*, par M. Tauchert ; *c*, par M. Sterba (*in* Schetelig. *Norsk Geologisk. Tidsskrift 1920*).

	a	*b*	*c*
SiO^2	42,9	[43,55]	45,45
Sc^2O^3	37,0	38,61	42,06
Y^2O^3 (Di.Er)$^2O^3$	17,7	{ 10,47 / 4,26 }	8,89 (Di,Er)
Fe^2O^3	2,1	3,13	2,83
FeO	0,8	»	»
GlO	»	»	0,51
P. f.	0,4	»	0,54
	100,9	100,00	100,28

qui entraîne des variations de toutes les constantes physiques ; dans le cas fréquent où ce rapport est de 7 : 2, la composition théorique est : SiO^2 49,4 ; Al^2O^3 33,6 ; FeO 5,3 ; MgO 10,2 ; H^2O 1,5.

Au chalumeau, fond difficilement. A peine attaquée par les acides.

Diagnostic. La coloration bleue, les auréoles polychroïques et les macles permettent de distinguer la cordiérite des minéraux de même couleur, mais en outre, ce minéral présente très fréquemment des altérations caractéristiques, soit en produits colloïdes dus à une hydratation (*pinite*), soit à des produits micacés (fixation de potasse) disposés parallèlement et perpendiculairement aux clivages basiques (*gigantolite*).

GISEMENTS

Schistes cristallns.

La cordiérite se trouve à Madagascar uniquement dans les schistes cristallins. Je l'ai rencontrée comme élément très abondant du gneiss graphiteux de Tsarazafy, sur les bords de l'Ikopa; elle constitue notamment les roches non décomposées que l'on observe contre l'usine (Tendro) de préparation mécanique du graphite.

La cordiérite bleue ou verdâtre, riche en auréoles polychroïques autour du zircon, abonde dans les gneiss quartzifères à sillimanite à l'Est de Betroka, entre la Sahambana et l'Ihosy, puis en amont d'Iamanda, sur la rive gauche de l'Ihosy, etc., elle est accompagnée de spinelle vert (voir tome II : *gneiss à cordiérite*).

Les gneiss de la falaise d'Ampamarinana, à Tananarive, renferment des intercalations de lits de quartz, avec cordiérite d'un beau bleu, englobant des baguettes de sillimanite.

Je l'ai trouvée [55] aussi en allant de Betafo à Anjanabonoina, vis-à-vis le village d'Antanety; elle y forme de petits cristaux d'un bleu violacé dans les micaschistes, ils sont dépourvus d'auréoles polychroïques. La même roche renferme aussi du grenat, mais en général concentré dans des lits distincts.

Un gisement intéressant est celui qui se trouve dans le massif du mont Bity, au Nord-Ouest du mont Tsilaizina et au Sud du pic de Vohimasina. A mi-coteau, sur la rive gauche du ruisseau Marovato, affluent de la Manandona, quelques recherches ont été faites pour son extraction. Elle forme, avec quartz, des veines dans les micaschistes ; j'en ai extrait des masses ayant plus d'un décimètre de diamètre. Quand le minéral est intact, il est transparent ou tout au moins translucide sur une grande épaisseur ; il est d'une jolie couleur, parfois assez homogène pour qu'on ait pu en tirer des gemmes, d'un bleu violacé, plus beau que celui de la plupart des *saphirs d'eau* de Ceylan. Plus souvent, cette cordiérite est d'un violet un peu noir ou bien verdâtre par suite d'un commencement d'altération. Par place elle englobe des baguettes d'anthophyllite. Localement, elle est séparée du micaschiste par du clinochlore ou par un chloritoschiste, riche en cristaux de tourmaline.

C'est certainement de ce gisement que provient la cordiérite dont MM. Duparc, Wunder et Sabot ont donné l'analyse suivante [9].

SiO^2	49,05
Al^2O^3	33,08
Fe^2O^3	0,83
FeO	4,38
MgO	11,04
P. f.	1,64
	100,02
Densité	2,593

Les propriétés optiques sont normales, ainsi que le polychroïsme; les mêmes auteurs ont obtenu pour les indices de réfraction (Na) $n_g = 1,5475$; $n_m = 1,5443$; $n_p = 1,5392$; $n_g - n_p = 0,0083$; $2V = 74°$ (calc.), $70°10'$ (obs.). Les indices paraissent d'ailleurs assez variables suivant les échantillons ou les parties d'un même échantillon. H.-L. Oppenheim a donné[1] : $n_g = 1,5479$; $n_m = 1,5458$; $n_p = 1,5400$; $n_g - n_p = 0,0079$; $2V = 66°56'$; $2E = 116°38'$.

De la cordiérite transparente forme de belles masses violettes associées à du quartz et à du spinelle vert et de la pyrrhotite dans les leptynites d'Eminiminy (Androy); le même minéral entre dans la constitution de leptynites entre Fort-Dauphin et le col d'Isaka (avec almandin-pyrope) et des bords de la Mananara, à l'Ouest d'Elakelaka (avec sillimanite). La caractéristique de la cordiérite de l'Androy réside en ce que ses macles polysynthétiques, très répétées, ne sont que rarement disposées en secteurs réguliers; elles présentent plus souvent la disposition de la macle de l'albite dans les plagioclases ou l'association de la macle de la péricline à celle de l'albite.

Il est remarquable de constater, qu'à l'inverse de ce qui se passe dans la plupart des pays tempérés, à Madagascar, la cordiérite est d'une fraîcheur parfaite et je n'ai observé aucun des produits d'altération si fréquents dans tant d'autres régions.

MÉLILITE

$Si^9O^{36}(Al, Fe)^4(Ca, Mg)^{11}Na^2$.

Propriétés cristallographiques. Quadratique. $c = 1,0909$. Clivages: parfait suivant p (001), très difficiles suivant m (110). Cassure conchoïdale ou inégale.

1. Léopold Oppenheimer. *Untersuchungen am Cordierit. Verhandl. d. Heidelberg. naturh. med. Vereins*, N. F. 13, 1914, p. 54 et *Inaugural Dissertation*. Heidelberg, 1914.

Dureté. 5 à 5,5. *Densité.* De 2,9 à 3,1.

Propriétés optiques. Blanche, jaune ou brune. Éclat vitreux à résineux dans la cassure. Transparente au moins en lames minces.

Uniaxe et optiquement négative, il existe aussi des types optiquement positifs et d'autres monoréfringents, ce qui s'explique par la biréfringence extrêmement faible du minéral; $n_g = 1,6339$; $n_p = 1,6291$.

Propriétés chimiques. La formule donnée plus haut corrrespond à la composition théorique : SiO^2 37,7 ; Al^2O^3 7,1 ; Fe^2O^3 11,2 ; CaO 31,3 ; MgO 8,4 ; Na^2O 4,3 ; je la donne comme indication, les mélilites, en effet, constituent non un minéral, mais une famille de minéraux, dont la composition complexe n'est pas à discuter ici.

Facilement fusible au chalumeau en un verre incolore. Attaquable par HCl en faisant gelée.

Diagnostic. La caractéristique de ce minéral, en lames minces, réside dans sa réfringence relativement forte, jointe à une biréfringence extrêmement faible (distinction avec la néphéline qui l'accompagne souvent).

GISEMENTS

La mélilite ne se rencontre à Madagascar que comme élément microscopique de roches volcaniques. Seule comme élément blanc, ou associée à la néphéline, elle entre dans la constitution de certaines *ankaratrites* (voir tome II).

Les coulées de Laona dans l'Ankaratra, celles de la région de Vatomandry et enfin d'Amparafaravola sont à citer comme exemples.

IV

MÉTASILICATES ET METATITANATES

PEROWSKITE

TiO^3Ca.

Propriétés cristallographiques. Pseudocubique. Clivages p (001).

Dureté. 5,5. *Densité*. 4,02 à 4,04.

Propriétés optiques. Noire, brun rouge, jaune; en lames minces, jaune brunâtre. Éclat adamantin, un peu métallique. Transparente en lames minces.

La biréfringence est variable et atteint 0,007. Macles microscopiques enchevêtrées du type de celles de la boracite; $2V =$ voisin de 90°. Très forte réfringence. $n = 2,39$.

Propriétés chimiques. La composition théorique est: TiO^2 58,9; CaO 41,1; il existe souvent un peu de fer.

Infusible au chalumeau; décomposée par SO^4H^2 chaud; réaction intense du titane.

Diagnostic. La forme, la couleur, la forte réfringence, les macles pseudocubiques et la faible biréfringence ne permettent de confondre la perowskite avec aucun autre minéral.

GISEMENTS

La perowskite est un élément microscopique constant des ankaratrites à mélilite de la région de Vatomandry, d'Amparafaravola, de l'Ankaratra (Laona, etc.). Elle y forme de petits grains ou de petits cristaux. Ce minéral doit certainement se rencontrer dans les alluvions de la même région, mais je n'en ai pas fait la vérification.

J'ai pu l'isoler mécaniquement de l'ankaratrite altérée d'Amparafaravola et constater qu'elle y constitue de menus octaèdres jaunes.

GROUPE DES PYROXÈNES

ENSTATITE — HYPERSTHÈNE

$(SiO^3)^2Mg^2$ — $(SiO^3)^2(Mg, Fe)^2$.

Propriétés cristallographiques. $a : b : c = 0{,}97133 : 1 = 0{,}57037$; $mm = 91°40$ (*hypersthène*). Clivages : parfaits suivant g^1 (010), nets, mais interrompus, suivant m (110), h^1 (100).

Dureté. 5 à 6. *Densité.* Croît avec la teneur en fer, 3,1 à 3,4 (*enstatite*, puis *bronzite*), 3,4 à 3,50 (*hypersthène*).

Propriétés optiques. La couleur varie avec la teneur en fer. L'enstatite et la bronzite sont blanches, grises, jaunes ou d'un vert olive, l'hypersthène d'un brun noir ou verdâtre ou bien noir. Éclat vitreux, un peu nacré sur les lames de clivage (enstatite et bronzite), prenant parfois un éclat métalloïde et bronzé par suite de l'existence d'inclusions ferrugineuses régulièrement distribuées (hypersthène).

Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010), n_g perpendiculaire à p ; l'enstatite est optiquement positive ; $2V = 69°$; cet angle des axes augmente avec la teneur en fer ; pour $FeO = 15$ pour 100, $2V = 90°$ (*bronzite*) ; au delà de cette limite, l'*hypersthène* est optiquement négatif, avec 2V d'autant plus petit que la teneur en FeO est plus grande, $n_g = 1{,}705$; $n_m = 1{,}702$; $n_p = 1{,}642$ (13,6 pour 100 de FeO). Polychroïsme intense dans les types colorés, variant avec la teneur en fer ; n_g = vert pâle ; n_m = brun jaune ; n_p = brun rouge.

Propriétés chimiques. La composition théorique de l'enstatite est : SiO^2 60,0 ; MgO 40,0, une proportion variable de MgO peut être remplacée par FeO ; on verra plus loin que certains hypersthènes ont une composition plus complexe.

Au chalumeau, l'enstatite est infusible ; la présence du fer détermine une fusibilité qui s'accroît avec la teneur en cet élément ; elle est grande dans l'hypersthène qui fond en une masse noire.

Seuls, les types ferrugineux sont légèrement attaqués par HCl.

Diagnostic. Se distinguent des pyroxènes monocliniques de même couleur par les propriétés optiques et par l'absence de chaux.

GISEMENTS

Roches éruptives.

L'hypersthène et la bronzite sont caractéristiques de certains granites, norites quartzifères, gabbros et norites basiques, décrits tome II.

Dans les formes pegmatiques des norites, l'hypersthène constitue des cristaux énormes (rivières Volovolo et Bevinda). Les échantillons de ces gisements, que je

dois à M. Giraud, sont identiques à des fragments, isolés de toute gangue, mesurant 5 centimètres de plus grande dimension que j'ai décrits antérieurement [133] comme provenant du pays Mahafaly, sans plus de précision; ils m'avaient été remis par M. G. Grandidier. Ces cristaux sont remarquablement tordus et présentent les macles polysynthétiques secondaires suivant e^4 (014), visibles sur g^1, grâce à des gouttières profondes. L'examen microscopique montre qu'ils renferment des bandelettes de diallage (structure microperthitique).

A Tsahatsaha, au Sud-Ouest de Betafo, se trouve une bronzitite, presque essentiellement constituée par de la bronzite d'un jaune brunâtre, associée à un peu de diallage, alors que dans la même région, à Ambohimasina, il existe une roche analogue, mais un peu feldspathique.

La péridotite feldspathique de Valojoro renferme des cristaux de bronzite de un centimètre de longueur; ils sont d'un jaune paille et généralement transformés en *bastite;* ils constituent localement des agrégats plus ou moins volumineux.

Eluvions et alluvions.

Les alluvions basaltiques de l'Ankaratra, et notamment celles exploitées pour gemmes (voir à *zircon*) renferment de petits grains transparents d'un vert angélique ou vert olive (Ramainandro), généralement corrodés, qui sont constitués par une bronzite (densité 3,27). Ils proviennent très probablement de la désagrégation de *nodules à olivine* des laves basaltiques. Ces derniers contiennent en effet un minéral identique (Camp d'Ambre; Nosy Be).

A Nosy Mitsio, se rencontrent des fragments de bronzite transparente, d'un jaune brunâtre, plus petits que ceux de diopside chromifère et de ferropicotite qui les accompagnent, et qui, là encore, proviennent, comme eux, de la désagrégation de nodules à olivine.

Schistes cristallins.

Certains orthogneiss à pyroxène de l'île contiennent, comme élément essentiel, un hypersthène doué d'un polychroïsme intense (n_g = vert; n_m = jaune; n_p = brun rouge à rosé); il possède des inclusions filiformes dans le plan n_g n_p. Il est particulièrement abondant dans la *manjakite* [143], où il accompagne la biotite, un plagioclase basique et de gros phénoblastes d'almandin-pyrope.

Cette roche se trouve sur la Talaviana (3 kilomètres Nord-Est d'Ambohimanjaka) et à Volotara (entre cette dernière localité et Ambodifiakarana). L'analyse

suivante a été faite (M. Boiteau) sur le minéral du premier de ces gisements. Densité 3,52.

SiO^2	48,17
TiO^2	0,28
Al^2O^3	8,17
Fe^2O^3	3,95
FeO	17,21
MgO	22,09
CaO	0,28
	100,15

Cet hypersthène est remarquable par sa haute teneur en sesquioxydes; sa composition ne peut donc être représentée seulement par la formule donnée plus haut, il faut faire intervenir un composé dont il sera question plus loin dans l'étude de l'augite. Sa formule peut être représentée par :

$$6,6\ SiO^3\ (Mg,Fe)^2.\ SiO^6(Al,Fe)^2(Mg,Fe).$$

DIOPSIDE-HÉDENBERGITE-AUGITE

Propriétés cristallographiques. Monocliniques. $a : b : c = 1,09475 : 1 : 0,5919$; $zx = 73°59'$; $mm = 87°5'$. Macle suivant h^1 (100); macles cruciformes suivant e^1 (101) et x (122). Macle polysynthétique suivant p (001), accompagnée de plans de séparation d'origine mécanique ; plans de séparation suivant h^1 donnant à la variété *diallage* une structure lamellaire.

Dureté. 5 à 6. *Densité*. 3,2 à 3,6.

Propriétés optiques. Incolore, blanc, blanc verdâtre (*diopside*), vert d'intensité croissant avec la teneur en fer, vert émeraude (*diopside chromifère*) ; brun à noir (*augite*). Toujours transparents en lames minces et quelquefois sous une grande épaisseur. Éclat vitreux, parfois nacré sur p, métallique et bronzé sur h^1 dans le *diallage* (inclusion ferrugineuses).

Optiquement positifs ; plan des axes optiques parallèle à g^1. Bissectrice aiguë faisant dans g^1 un angle de $+ 38°$ à $+ 51°$ avec h^1 suivant la composition chimique. Toutes les autres propriétés optiques varient avec la composition chimique et particulièrement avec la teneur en fer ; $n_m = 1,677$ à $1,736$. Polychroïsme faible ou nul.

Propriétés chimiques. Il existe un type de composition simple, réalisé par le diopside : $(SiO^3)^2$ CaMg et l'hédenbergite $(SiO^3)^2$ CaFe et tous les intermédiaires possibles entre ces deux extrêmes. L'augite est beaucoup plus compliquée et sa composition peut être interprétée par la formule générale suivante :

$$x\,(SiO^3)^2\ Ca\ (Mg,\ Fe).\ y\ SiO^6\ (Al,\ Fe)^2\ (Mg,\ Fe).\ z\ (SiO^3)^2\ (Al,\ Fe)\ Na.$$

La fusibilité augmente avec la teneur en fer et en alcalis. Les types très ferrifères fondent sur le charbon en un globule noir, magnétique.

Peu ou pas attaqués par les acides.

Diagnostic. La forme géométrique et les propriétés optiques (notamment l'angle des clivages) sont caractéristiques des pyroxènes monocliniques et permettent en particulier de les distinguer des amphiboles; les propriétés optiques sont distinctives des pyroxènes orthorhombiques.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Granites et pegmatites. — Un pyroxène monoclinique, constitué tantôt par du diopside, tantôt par un diallage un peu alumineux passant à l'augite, se rencontre dans beaucoup des granites de l'île et en particulier dans leurs formes pegmatiques. Leurs cristaux, à aspect bronzé, ont alors plusieurs centimètres. La falaise Sud-Ouest d'Ampamarinana à Tananarive: Ambohinaorina (37 kilomètres Sud-Ouest de Tananarive), le Tampoketsa d'Ankazobe en fournissent de bons exemples.

La pegmatite à orthose jaune d'Itrongay renferme des cristaux de diopside pouvant dépasser un décimètre suivant l'axe vertical; ils correspondent à deux types; dans l'un, le prisme m (110) existe seul ou prédomine dans la zone verticale, il est seulement parfois associé à de petites facettes h^1, h^2 (310), g^1; les sommets sont constitués par $d^{1/2}$ (111), $b^{1/2}$ ($\bar{1}$11) (fig. 381) ou bien $d^{1/2}$, $d^{1/4}$ (221), $b^{1/6}$ ($\bar{3}$31) (fig. 382); dans l'autre, les cristaux sont aplatis suivant h^1 (100) et terminés par p (001) et e^1 (011) (fig. 383). Ces cristaux, souvent très transparents, sont gris de fumée ou jaunâtres, avec une couleur superficielle noire ou enfin d'un vert poireau; ils forment dans ce dernier cas une véritable gemme. Ils se rencontrent rarement dans leur gangue; le plus souvent, ils sont épars à la surface du sol et encroûtés de hyalite blanche. La densité est de 3,26; $n_g = 1,7001$ $n_m = 1,6785$; $n_p = 1,6730$; $2V = 53°44'$; $2E(mes.) = 104°40'$.

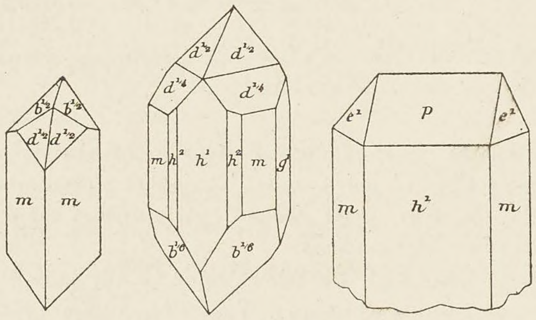


FIG. 381 à 383. — Diopside d'Itrongay.

M. Buhan m'a communiqué des cristaux analogues à ceux d'Itrongay provenant d'Antsoharavina (région d'Ampatrana) et M. Giraud de gros cristaux d'un vert noir, présentant des plans de séparation p et trouvés aux environs d'Ibeandry, au Sud de l'Onilahy.

Gabbros. — Le pyroxène des gabbros est parfois de l'augite et plus souvent du

diallage, à éclat bronzé, riche en inclusions ferrugineuses ; ils offrent la même apparence que l'hypersthène. Aux environs de Manandaza, sur la route d'Ankavandra, au pied du Bongolava, des cristaux de ce genre, isolés à la surface du sol et seulement associés à de la magnétite titanifère, mesurent 6 centimètres. Les gabbros passent parfois à des roches uniquement constituées par du diallage à éclat métalloïde, riche en inclusions ferrugineuses ; tel est le cas des diallagites du mont Ankitsika (Nord-Ouest du lac Alaotra).

Enfin, les nodules à olivine des néphélinites de Nosy Be et des basaltes du Camp d'Ambre renferment de petits grains d'un *diopside chromifère* dont la couleur, d'un beau vert émeraude, tranche sur la teinte jaune de l'olivine.

Dans les tufs de Nosy Mitsio, ce même pyroxène, à clivages très difficiles et à couleur très foncée, se trouve, avec bronzite et ferropicotite, en fragments atteignant plus d'un centimètre.

Roches volcaniques. — L'augite est un des éléments presque constants de toutes les roches volcaniques de l'île et surtout des roches basaltiques, des ankaratrites, etc. ; elle s'y présente fréquemment (Itasy) sous forme d'augite titanifère, violacée en lames minces, qui est le pyroxène de la luscladite de Fiakarantsoa,

Les cônes de scories basaltiques renferment très fréquemment, et parfois en très grande abondance, des cristaux isolés d'augite, présentant des formes com-

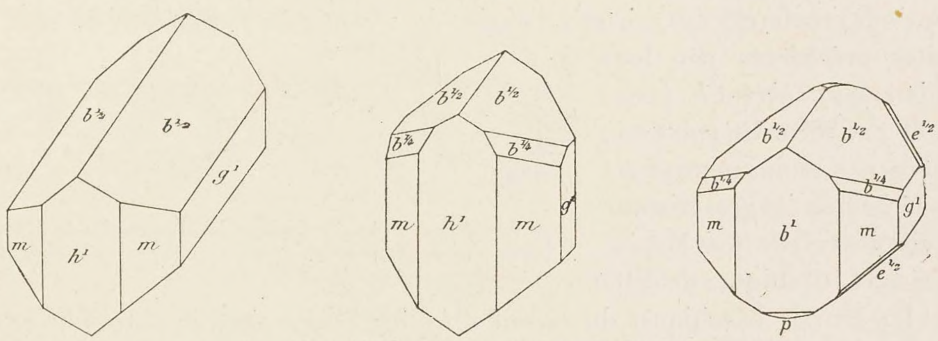


FIG. 384 à 386. — Augite des laves basaltiques.

munes $m\,(110)$, $h^1\,(100)$, $g^1\,(010)$, $b^{1/2}\,(\bar{1}11)$, $b^{1/4}\,(\bar{2}21)$, etc., représentées par les figures 384 et 386. Ils sont plus souvent raccourcis qu'allongés suivant l'axe vertical ; les macles suivant h^1 (100) (fig. 389 à 391) y sont fréquentes dans certains gisements.

Deux régions, parmi celles que j'ai visitées, méritent une mention spéciale : l'Itasy et l'extrémité méridionale de l'Ankaratra : je citerai pour chacune d'entre elles un exemple caractéristique : le cratère d'Ampala près de l'Ambohitromby,

dans la région de l'Itasy, et le mont Vohidronono (Vohitra) près d'Antsirabe, où des milliers de cristaux de plus d'un centimètre peuvent être recueillis en quelques heures. M. Ungemach a trouvé [106] sur un cristal $e^{1/2}$ (021) et p (001) (fig. 386). Ces gisements sont à comparer à ceux du Puy de la Rodde (Puy-de-Dôme). Il faut citer en outre les cônes basaltiques de la région du Camp d'Ambre et de Nosy Be, les Comores. Il existe des basaltes dans lesquels abondent des phénocristaux semblables, comme dimensions et comme formes, à ceux qui viennent d'être décrits.

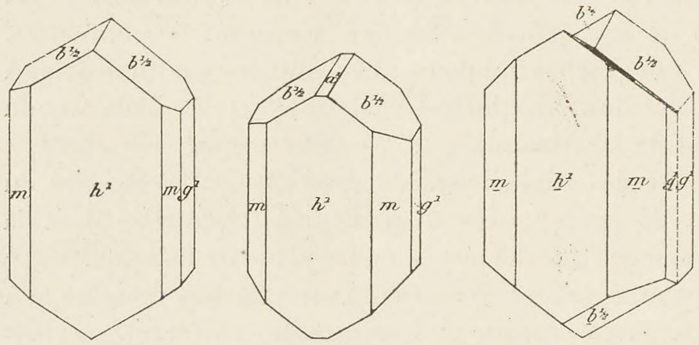


FIG. 387 à 389. — Augite des laves basaltiques. Macle suivant h^1 (fig. 389).

Ces cristaux sont noirs, mais, dans l'ankaramite d'Ankaramy, qui m'a servi de type pour la description de cette roche, se trouvent d'énormes cristaux de ce genre d'un vert relativement clair.

Une néphélinite très altérée du Nord d'Antonibe (à l'Ouest du fond de la baie de Narinda) renferme des cristaux d'augite de 1 centimètre, différant de ceux des basaltes précédents par leur aplatissement suivant h^1 (100) (fig. 387 et 388). Un aplatissement un peu moins marqué est caractéristique des gros cristaux d'augite des tufs de Nosy Mitsio.

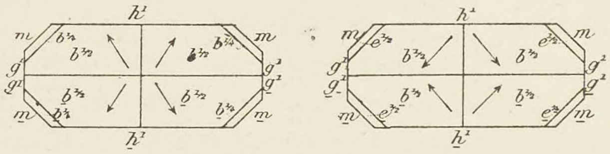


FIG. 390 et 391. — Augite des laves basaltiques. Macle suivant h^1. Projection des deux sommets sur un plan perpendiculaire à c.

Les tufs basaltiques de cette île et les scories basaltiques du massif d'Ambre renferment en outre une variété noire d'augite (verte en lames minces), à cassure conchoïde très éclatante, ne présentant souvent pas de clivages distincts. Ce pyroxène est toujours dépourvu de formes géométriques : ses fragments atteignent 3 ou 4 centimètres, ils accompagnent la ferropicotite, la hornblende, etc.

Schistes cristallins.

Le *diopside* est fréquent dans les schistes cristallins de tous genres, aussi bien dans les gneiss acides, que dans les gneiss à pyroxène, associés ou non aux cal-

caires cristallins, mais il faut particulièrement citer ces derniers comme fournissant de beaux cristaux ou des masses volumineuses de pyroxène presque pur (voir tome II, à *pyroxénites*).

Calcaires cristallins et pyroxénites. — Quand, aux affleurements, le diopside est disséminé dans le calcaire, par suite de la dissolution de la calcite par les eaux pluviales, les cristaux apparaissent en relief ou même sont mis en liberté ; tel est le cas à Ieninkenina, où des cristaux très nets de diopside d'un blanc de lait ont jusqu'à un décimètre, suivant c ; ils sont très aplatis suivant h^1 (Pl. 23, fig. 1) et terminés par $d^{1/4}$ (221) ou $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$), ou bien par ces deux pyramides réunies (fig. 392 et 393) ; dans ce dernier cas, deux couples de faces de ces pyramides sont parfois plus développées que les autres (fig. 393). M. Ungemach a observé [106] sur un cristal de cette localité $b^{1/6}$ ($\bar{3}31$) et la pyramide $\zeta = (d^1 b^{1/5} g^1)$ (231) (fig. 394).

Ces cristaux sont parfois épigénisés par la trémolite fibreuse.

Des cristaux semblables, mais encore plus grands, se rencontrent à Ambohijanakomby sur la rive droite de l'Ivato ; à l'Ouest d'Itremo, des cristaux analogues

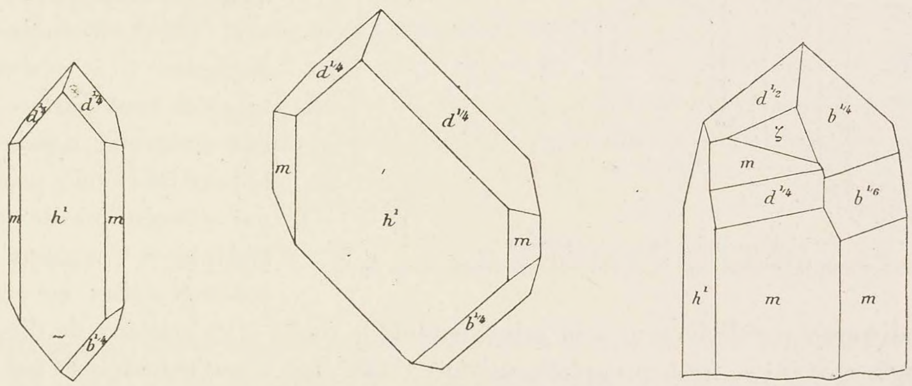


Fig. 392 à 394. — Diopside. Ieninkenina.

sont fréquemment brisés et ressoudés, avec ou sans déplacement de leurs divers tronçons. Des masses bacillaires de diopside blanc se trouvent sur la rivière Tsilolo, affluent de gauche de l'Itsindra, au Nord-Ouest d'Andohatsindra. A l'Ouest de cette localité, il existe aussi des cristaux nets de diopside incolore, appartenant à deux types, l'un est caractérisé par l'égal développement de h^1 et de g^1, associés à m (fig. 395 et 396), l'autre forme des cristaux aplatis suivant h^1 et réunis en grand nombre, à axes imparfaitement parallèles, pour réaliser des groupements palmés aux formes bizarres.

Dans la vallée de la Kiranomena (Betsiriry), il existe des masses de diopside

d'un blanc de lait, d'où il est possible d'obtenir par clivage, comme dans la *malacolite* des plans de séparation suivant p de 10 centimètres. c'est le premier gisement de ce minéral que j'ai signalé [28] à Madagascar. Des échantillons identiques, mais grisâtres, se trouvent dans les mêmes conditions à Soavinarivo, et à Ambatofito (5 kilomètres Nord-Ouest d'Anjanabonoina).

Des masses de diopside de même couleur se rencontrent aussi dans l'Androy, au Nord de Tsivory ; au Sud d'Ambararata, entre Antanimora et Imanombo, le diopside est coloré en gris noir par des inclusions de graphite. Une variété gris de fumée, translucide (densité 3,29), constitue, avec spinelle vert bleuâtre, des pyroxénites au col d'Isandelo ; dans des roches analogues d'Ambatomainty (Sud de Betroka), le diopside est d'un blanc laiteux et opaque.

Les diopsides plus ou moins ferrugineux, et par suite de couleur plus ou moins foncée, sont plus fréquents encore que les précédents. Je citerai à cet égard le gisement de Volonandrongo ; le diopside de la pyroxénite de ce gisement est d'un vert très clair, souvent un peu jaunâtre, mais il existe aussi des cristaux nets d'un vert plus ou moins vif, atteignant 6 à 7 centimètres ; ils sont parfois groupés en grand nombre sur le bord de cavités produites par dissolution de calcite laminaire. Ces amas lenticulaires riches en cristaux sont disposés parallèlement à la schistosité de la roche. Ces cristaux de diopside, allongés suivant c, sont soit aplatis suivant h^1 (fig. 397), soit caractérisés par l'égal développement de h^1 et de g^1 associés à p (fig. 395 et 396). Ils sont terminés par p, a^1 $d^{1/2}$, $b^{1/4}$. Ces cristaux sont souvent enveloppés par de la trémolite ou de l'asbeste, de l'épidote et de la clinozoïsite, de l'opale, ou même épigénisés par des amphiboles. Ils forment de magnifiques échantillons de collection. Parfois ils ont disparu par altération, laissant à leur place un vide qui conserve leur forme, grâce à la clinozoïsite qui les recouvrait (Pl. 22, fig. 3).

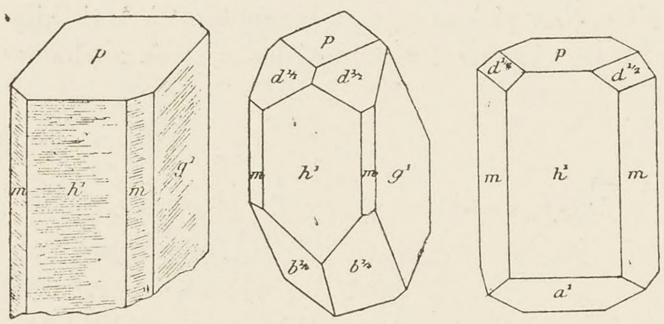


Fig. 395 à 397. — Diopside.
Formes communes (fig. 395 et 396) ; Volonandrongo (fig. 397).

Les pyroxénites de la région située entre la Mania et la Matsiatra (Amborompotsy, etc.) renferment un diopside d'un joli vert d'herbe, fournissant par place des masses à grands éléments, associées ou non à la scapolite.

Du diopside vert foncé, en très grands cristaux, avec plans de séparation suivant p, est associé à la scapolite de l'Androy et du pays Mahafaly (rive gauche du

Manakaralahy, entre la rivière et la route d'Ampanihy à Ejeda). Les wernéritites de ce dernier gisement, ainsi que les gneiss à pyroxène (avec ou sans scapolite), du Nord de Tsivory renferment un diopside d'un rose violacé, légèrement polychroïque, de densité 3,23.

Enfin, quelques pyroxènes de certains gneiss sont plus ferrugineux encore et constitués par de l'hédenbergite d'un vert sombre : Ambatomihefay (Kiranomena), (avec andradite et sphène). J'ai rencontré la même association dans les accidents basiques des quartzites de Sahatavy, sur la route de la côte Est au lac Alaotra.

Contacts du granite.

Le diopside constitue l'élément essentiel des cornéennes compactes de contact des pegmatites d'Antsongombato, de la vallée de la Sahatany, d'Antandrokomby, etc.

Dans les contacts de Maharitra, d'Ambalaroy, il se trouve, en outre, des masses cristallines à énormes éléments, blanches ou jaunâtres, semblables à celles des calcaires cristallins de Soavinarivo. Elles sont souvent creusées de géodes que tapissent des baguettes d'actinote (Ampantsikahitra).

Des lits de diopside blanc, localement coloré en noir par de la matière graphiteuse, se trouvent dans les calcaires de Marosaha près Voanana (région d'Ambatofangehana) ; ils sont souvent séparés du calcaire par une zone de trémolite.

AUGITE AEGYRINIQUE ET HÉDENBERGITE AEGYRINIQUE

L'*augite aegyrinique* est une augite renfermant une proportion importante de la molécule $(SiO^3)^2FeNa$. Ses caractères extérieurs ne la distinguent pas de l'augite normale, mais, en lames minces, sa couleur est verte, l'angle d'extinction dans g^1, rapporté à n_g, dépasse $+60°$, son allongement est donc négatif. Le polychroïsme est net et souvent intense, rappelant celui de l'ægyrine. Ce pyroxène qui, pratiquement, ne se distingue de l'augite que par ses propriétés optiques est très abondant dans les trachytes phonolitiques de l'île (Ankaratra; Itasy; région du Nord-Ouest).

J'ai proposé [149] d'appeler *hédenbergite aegyrinique* un pyroxène qui constitue des pseudomorphoses de la riebeckite du granite d'Ampasibitika, à son contact immédiat avec les grès calcaires liasiques métamorphisés. Il y forme des cristaux de plusieurs centimètres de longueur. La riebeckite est d'un noir bleu ; près du contact, ses cristaux deviennent d'un vert plus ou moins foncé. L'examen

microscopique permet de suivre tous les passages entre cette amphibole bleue intacte et un pyroxène, à allongement négatif, extrêmement polychroïque dans les teintes vertes. L'angle d'extinction par rapport à n_p varie de 5 à 6°, jusqu'à environ 20° et la biréfringence est d'autant plus grande que cet angle est plus petit, sans atteindre jamais celle de l'aegyrine.

L'analyse suivante a été faite par M. Pisani. Densité : 3,502.

SiO^2	42,15
TiO^2	0,41
Al^2O^3	0,55
Fe^2O^3	17,40
FeO	17,80
MnO	0,50
MgO	1,10
CaO	14,10
Na^2O	3,35
K^2O	0,55
P. f.	1,90
	99,81

Ce minéral ne peut être appelé une augite aegyrinique, puisqu'il ne renferme presque pas d'alumine et de magnésie ; en revanche, il contient une énorme quantité de fer et beaucoup de chaux, avec des alcalis ; sa formule peut être représentée de la façon suivante : $15 (SiO^3)^2 (Ca, Fe, Mg)^2 . 6 (SiO^3)^2 Fe Na$.

On trouvera plus loin l'analyse de la riebeckite du même gisement qu'il est intéressant de comparer avec cette pseudomorphose produite essentiellement par apport de chaux provenant du calcaire.

AEGYRINE

$(SiO^3)^2 FeNa$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 1{,}09753 : 1 : 0{,}60092$; $zx = 73°9'$. Macle suivant h^1 (100). Clivages suivant m (110), beaucoup plus faciles que dans l'augite, parfois clivage net suivant g^1 (010).

Dureté. 6 à 6,5. *Densité.* 3,5 à 3,55.

Propriétés optiques. Vert foncé, quelquefois brun ou jaunâtre (*acmite*). Éclat vitreux très vif. Transparente en lames minces.

Optiquement négative, plan des axes optiques parallèle à g^1. La bissectrice aiguë fait $+ 5°$ avec h^1. $n_g = 1{,}8126$ (Na) ; $n_m = 1{,}7990$; $n_p = 1{,}7630$; $2V = 62°13'$. Polychroïsme intense, avec maximum suivant n_p.

Propriétés chimiques. La composition théorique est : SiO^2 52,0 ; Fe^2O^3 34,6 ; Na^2O 13,4. Il s'y joint souvent quelques molécules de diopside (passage à l'augite ægyrinique).

Facilement fusible en un globule noir, magnétique, en colorant la flamme en jaune foncé,



Clichés Cintract et Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Diopside ; Ieninkenina (fig. 1). — *Triphane* (kunzite) ; Maharitra (fig. 2, 5, 8) ; Anjanabonoina (fig. 3, 4, 6). — *Trémolite ;* Ifrangia (fig. 7).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

A peine attaquable par les acides.

Diagnostic. Se distingue des autres pyroxènes par l'intensité de son polychroïsme, sa haute biréfringence, la petitesse de l'angle d'extinction, rapporté à la direction négative et enfin par son signe optique négatif.

GISEMENTS

Granites alcalins. — Les granites à ægyrine se trouvent dans le Nord-Ouest de l'île (Ampasibitika, Antsatrotro, etc.) et de l'Ouest (Ambongo et Makaraingo). Il faut citer d'une façon spéciale les granites filoniens, à grain fin, et la fasibitikite d'Ampasibitika, dans lesquels l'aegyrine constitue des aiguilles d'un vert d'herbe clair, rappelant, à l'œil nu, celles d'actinote ; dans les granites syénitiques de l'Ambohitrosy, les cristaux drusiques du même minéral sont de couleur plus foncée.

Pegmatites syénitiques. — Un type de gisement tout à fait remarquable est celui des pegmatites syénitiques de la vallée de l'Imorona (Itorendrika, Ifasina, Ambahy, etc.). De gros cristaux de bastnaésite, de tscheffkinite, de biotite et de torendrikite sont associés, dans la terre éluvionnaire, à des cristaux d'ægyrine de près de 10 centimètres de longueur. Ceux-ci ne présentent d'ordinaire, en fait de formes géométriques, que des clivages extrêmement brillants, d'un vert sombre, mais j'ai observé un cristal de quelques centimètres seulement, limité par des prismes m, h^3 (210), g^3 (120), avec h^1 ($m\ h^3$ 158°18, $m_g{}^3$ 161°53'). Ces échantillons sont souvent en partie décomposés ; l'altération s'est propagée le long des clivages et le minéral est alors réduit à un squelette fragile et brillant intact, imprégné par de la limonite poreuse.

Syénites néphéliniques, tinguaïtes, phonolites, etc. — L'ægyrine est aussi caractéristique de certaines syénites et de microsyénites néphéliniques de Nosy Komba, du massif de Bezavona, des tinguaïtes et de certaines phonolites et trachytes de la même région et de l'Ankaratra. Enfin elle existe aussi dans les gneiss à néphéline de la région de Makaraingo.

Elle se trouve en petits cristaux drusiques, avec lanéite et feldspaths alcalins dans des agrégats drusiques de la sölvsbergite d'Andrahibo.

AUGITE JADÉITIQUE (OMPHAZITE)

L'*omphazite* est une variété de pyroxène, assez riche en aluminium et en sodium, jouant vis-à-vis de la jadéite le même rôle que l'augite ægyrinique vis-à-vis de

l'ægyrine. C'est un des minéraux caractéristiques des éclogites. Sa couleur est verte ou d'un gris vert; en lames minces, elle est incolore ou légèrement teintée en vert; ses propriétés optiques sont très voisines de celles du diopside.

Je ne connais à Madagascar qu'un seul gisement d'éclogite, dans la région de Miandrarivo (voir tome II).

TRIPHANE

$(SiO^3)^2AlLi$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 1,12381 : 1 : 0,63548$; $zx = 69°40'$; $mm = 87°$. Macle suivant h^1. Clivages très faciles suivant m (110); parfois plans de séparation suivant h^1.

Dureté. 6 à 7. Fragile. *Densité*. 3,1 à 3,2.

Propriétés optiques. Incolore, blanc, jaune, jaune vert clair ou vert émeraude (*hiddenite*), rose ou lilas (*kunzite*). Éclat vitreux, un peu nacré sur le clivage facile. Transparent ou translucide.

Optiquement positif, plan des axes optiques parallèle à g^1. Bissectrice aiguë faisant un angle de $+ 26°$ avec c. Polychroïque sous une grande épaisseur.

La kunzite prend une phosphorescence intense (rose orangé) par exposition aux rayons X et aux rayons ultra-violets, à l'émanation du radium, etc.

Propriétés chimiques. La composition théorique est: SiO^2 64,5 ; Al^2O^3 27,4 ; Li^2O 8,1.

Au chalumeau, blanchit et fond en un verre incolore, en colorant la flamme en rouge pourpre.

Inattaquable par les acides,

Diagnostic. Les propriétés pyrognostiques, qui viennent d'être données, jointes à la forme géométrique, sont caractéristiques.

GISEMENTS

Pegmatites. — Le triphane est un minéral des pegmatites granitiques. La première mention qui en ait été faite à Madagascar est due à Damour qui l'a rencontré [6] dans un lot de pierres comprenant un béryl rose et vendu comme provenant de Farafatrana (probablement Farafangana, port d'embarquement). L'échantillon, vu chez un lapidaire, appartenait à M. Suberbie qui, vers 1902, me l'apporta au Muséum, en lui attribuant une valeur si considérable que je ne pus en obtenir que des fragments, suffisants seulement pour en déterminer les propriétés. C'était un gros cristal, raccourci, très transparent, de couleur rosée rappelant par sa forme la figure 2 de la planche 23; son gisement précis était inconnu, mais on peut penser

aujourd'hui qu'il provenait de la vallée de la Sahatany. Je connaissais donc bien ce minéral malgache, lorsque peu après, M. Mouneyres m'en fit parvenir de petits fragments qui venaient d'être trouvés en place sur des piquets de la Société nantaise. J'attirai son attention sur leur identité avec la variété *kunzite* qui, peu auparavant (1903), avait été découverte en Californie. M. Mouneyres présenta quelques mois plus tard le minéral à l'Académie malgache [95], en même temps qu'une note de Dabren [4] donnant des renseignements sur son gisement. J'ai décrit plus complètement le minéral en 1908 [38] et en 1910 [51], à l'aide d'une riche série d'échantillons que je dois à MM. Fürst et Tirlet.

Le triphane ne se rencontre que dans les pegmatites sodo-lithiques. Je l'ai observé en place, comme élément de roche, dans les gisements suivants, où il joue le même rôle que le microcline et où il atteint souvent plus de 15 centimètres de plus grande dimension. Je n'ai vu, en fait de formes géométriques, que le prisme *m* (110) distinct et seulement quand les cristaux sont en contact avec le quartz (Antsongombato). Le minéral est généralement opaque et plus rarement translucide. Sa couleur est variable : vert jaunâtre (Antsongombato, Antandrokomby), jaune (Antandrokomby, Ihosy, Maharitra), incolore (Ihosy), rose ou lilas (Manjaka, Antandrokomby) ou enfin quelquefois polychrome, rose sur les bords, blanc au centre (Ihosy). L'examen microscopique du triphane d'Antsongombato fait voir que très souvent ses cristaux sont corrodés sur les bords et moulés par de la tourmaline et du quartz de formation postérieure, ce qui explique que la couleur de la périphérie de ces cristaux n'est pas toujours la même que celle du centre.

Dans d'autres gisements : Maharitra, Ampantsikahitra, Ankitsikitsika, Anjanabonoina, on a trouvé des cristaux de triphane parfaitement transparents, mais ils sont isolés de toute gangue pierreuse. Les débris de l'un de ceux rencontrés à Maharitra mesurent $0^m,20$ suivant *c* (Pl. 23, fig. 8). Ces cristaux transparents sont d'un rose lilas (kunsite), incolores ou légèrement verdâtres (Maharitra, Ankitsikit sika, Anjanabonoina) : plus rarement (Ankitsikitsika), un même cristal est parfois teinté de vert clair à l'une de ses extrémités et de rose à l'autre.

D'après les renseignements que je dois à M. Tirlet, dans les gisements de la Sahatany, ces cristaux étaient recueillis en place dans la pegmatite, mais toujours enveloppés dans de l'argile blanche ; ils étaient entiers, mais si fragiles, surtout lorsqu'ils étaient de grande taille, qu'on ne pouvait les extraire qu'à l'état de fragments limités par des clivages. Lorsque j'ai visité cette région, toutes les carrières étaient abandonnées et je n'ai pu voir moi-même ces cristaux dans leur gangue, mais les observations que j'ai pu faire depuis lors à Pala, en Californie,

ne laissent pas de doute sur les conditions de leur gisement. De même que dans la vallée de la Sahatany, à Pala le triphane pierreux existe comme élément normal de la pegmatite, mais il s'y trouve en cristaux incomparablement plus grands. Les cristaux transparents de kunzite présentent aussi des dimensions encore plus considérables que celles qui ont été observées à Madagascar ; j'ai pu les voir en place à la « Pala Chief Mine ». Le filon est constitué par de la pegmatite graphique au toit, par une aplite rubanée au mur. Entre les deux, se trouve une zone de pegmatite à tourmaline noire, au milieu de laquelle se voient les cryptes à cristaux, souvent entourées par une zone riche en lépidolite miarolitique : les grands cristaux de triphane sont implantés avec cristaux de quartz et parfois de tourmaline verte et rose sur cette gangue. La roche à lépidolite est très altérée. La poche qui a été mise à découvert au cours de ma visite était entièrement remplie par de l'halloysite. C'est de celle-ci que M[me] A. Lacroix a extrait de cette argile un admirable cristal transparent mesurant un décimètre de longueur. Plus souvent les cristaux n'adhèrent plus à leur gangue, ils en ont été détachés naturellement et sont tombés dans la cavité, où ils ont été ensuite emprisonnés dans le produit alumineux secondaire. Celui-ci ne s'est pas formé seulement aux dépens du feldspath de la pegmatite, il s'est produit aussi aux dépens de la kunzite, de telle sorte qu'un grand cristal de celle-ci est périphériquement constitué par de l'halloysite, alors que sa partie centrale est parfois intacte. Il en résulte que la portion inattaquée possède une surface corrodée luisante, analogue à celle que l'on obtient en attaquant un clivage de calcite par un acide. C'est un mode d'altération fréquent dans le béryl de certains gisements du Limousin et même de Madagascar.

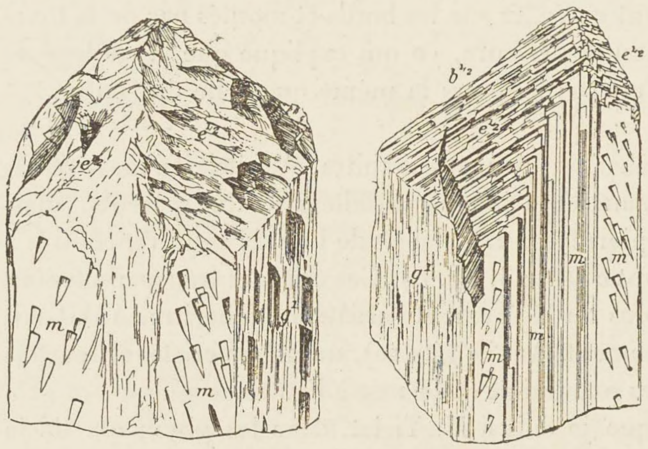


Fig. 398 et 399. — Triphane de Maharitra avec figures de corrosion.

Ainsi s'explique l'aspect que présentent tous les échantillons de triphane transparent de la Grande Ile. J'ai examiné plusieurs centaines de cristaux et je n'en ai vu que deux présentant quelques faces naturelles intactes [Pl. 23, fig. 2] (fig. 398 et 399) h^1, m, $e^{1/2}$, $b^{1/2}$.

Tous les autres cristaux sont entièrement limités par des surfaces à aspect vernissé ou par des clivages, qui présentent des figures de corrosion profondes dont

la forme est en rapport avec la symétrie du minéral (fig. 398, 399, 402, 403 et Pl. 23, fig. 3 et 4).

Je donne dans la figure 400 la forme théorique de ces cristaux et dans la figure 401 celle d'un petit cristal que j'ai recueilli à Pala en Californie et qui présente un autre facies caractérisé par l'égal développement de h^1 et de g^1.

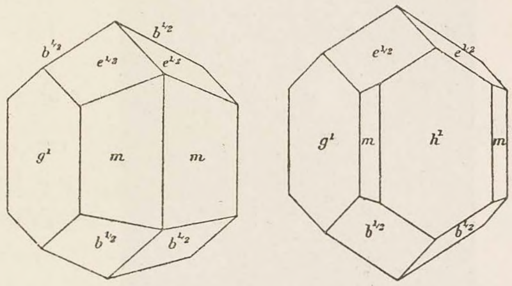


Fig. 400 et 401. — Triphane. Maharitra (fig. 400), Pala (fig. 401).

On peut constater toutefois que les cristaux malgaches appartiennent à deux types : l'un qui vient d'être décrit (fig. 398 et 399) raccourci, l'autre allongé suivant *c* (Pl. 23, fig. 8, fragment de clivage) ; d'après la forme des fragments que j'ai observés il me paraît vraisemblable que, comme ceux de Californie, ces grands cristaux allongés étaient aplatis suivant h^1 à la façon des cristaux de diopside de la figure 392.

Il me reste à signaler une particularité intéressante du triphane rose d'Anjanabonoina.

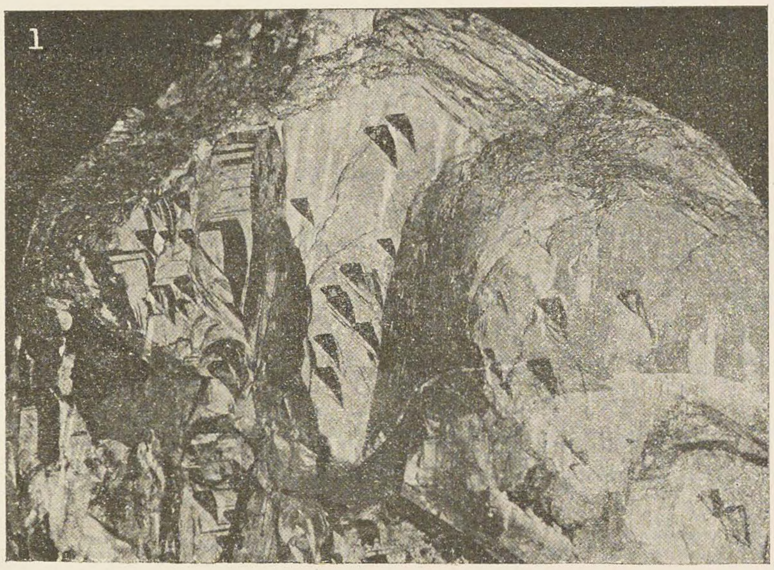


Fig. 402. — Triphane d'Anjanabonoina. Figures de corrosion sur *m*.

Celui-ci, souvent d'un très beau rose, se rencontre exclusivement dans la terre rouge éluvionnaire. Ses cristaux, de dimensions intermédiaires entre

les extrêmes de Maharitra, sont souvent traversés par de longues cavités polyédriques, représentant la place d'un minéral aciculaire disparu dont je n'ai pu déterminer la nature (Pl. 23, fig. 6). Ils sont remarquables aussi par la netteté des cavités de corrosion portées par les faces m (fig. 402 et Pl. 23, fig. 3) et aussi par les faces g^1 (Pl. 23, fig. 4) ; ces cavités sont limitées par des faces m et $\bar{e}^1$.

Le triphane de Madagascar constitue une jolie gemme qui peut rivaliser avec la kunzite américaine.

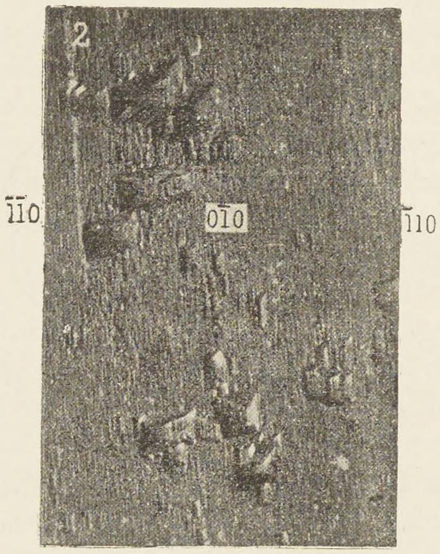


Fig. 403. — Triphane de Maharitra. Figures de corrosion sur g^1.

J'ai donné [38] la moyenne de deux séries de mesures des indices faits sur des cristaux différents de kunzite de Maharitra (densité 3,16).

$$n_g = 1,6750 \; ; \quad n_m = 1,6645 \; ; \quad n_p = 1,6588 \; ; \quad 2V = 73°58'.$$

Postérieurement MM. Duparc, Wunder et Sabot ont obtenu [10] les diverses données suivantes sur le triphane de la même localité : *a*) rose ; *b*) verdâtre.

	a	*b*
SiO^2	63,85	62,21
Al^2O^3	29,87	29,79
Fe^2O^3	0,15	2,48
MnO	tr.	tr.
MgO	0,13	tr.
CaO	0,52	0,50
Li^2O	3,76	4,02
Na^2O	0,98	1,03
K^2O	0,13	0,21
P. f.	0,37	0,25
	99,76	100,49

	n_g	n_m	n_p	2V	DENSITÉ
a rose	1,6758	1,6653	1,6603	68°54′	3,177
a′ incolore	1,6755	1,6648	1,6604	65°30′	3,169
b verdâtre	1,6815	1,6712	1,6682	55°57′	3,187

WOLLASTONITE

SiO^3Ca.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0{,}96646 : 1 : 1{,}14111$; $zx = 69°48'$; $mm = 95°35'$. Macle suivant p. Clivages faciles suivant p (001), $o^{1/2}$ (201), h^1 (100), $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$).

Dureté. 4,5 à 5. *Densité.* 2,8 à 2,9.

Propriétés optiques. Blanche ou grise. Éclat vitreux, nacré sur les lames de clivage. Translucide.

Optiquement négative, plan des axes optiques parallèle à g^1 ; la bissectrice aiguë fait $+ 78°$ avec h^1 ; $n_g = 1{,}635$ (Na) ; $n_m = 1{,}633$; $n_p = 1{,}621$; $2V = 40°$ environ.

Propriétés chimiques. La composition théorique est SiO^2 51,7 ; CaO 48,3.

Fusible au chalumeau en un globule cristallin. Attaquée par les acides en faisant gelée. La facilité de cette attaque explique pourquoi, dans la nature, la wollastonite est si souvent en partie transformée en calcite.

Diagnostic. La wollastonite se distingue de la trémolite et du diopside blanc par sa faible résistance à l'action des acides, par ses clivages et par ses propriétés optiques.

GISEMENTS

La wollastonite est essentiellement un minéral des calcaires métamorphiques et des roches qui en dérivent.

Contact des roches granitiques.

De beaux échantillons lamelleux, d'un blanc de lait, pouvant atteindre 4 centimètres de longueur, se trouvent dans les calcaires de Marirano (Sahatany), au contact des pegmatites : ils font saillie à la surface de la roche quand celle-ci a été exposée à l'action des eaux superficielles. Non loin de là, de fort beaux échantillons, à clivages éclatants, sont associés au grossulaire dans un calcaire marmoréen bleuâtre de la rive gauche de la Manandona, en aval du confluent de la Sahatany.

La wollastonite fibreuse forme, avec grossulaire vert clair, des veinules dans le calcaire liasique d'Ampasibitika métamorphisé par les granites à ægyrine.

Calcaires cristallins.

Dans les lits silicatés, dérivant des calcaires cristallins, la wollastonite forme, à elle seule, les roches que je désigne sous le nom de *wollastonitite* et une partie importante de certaines *wernéritites* ; elle s'y rencontre en cristaux blancs, à clivage nacré ou soyeux (Voir tome II).

Voici quelques gisements caractéristiques : rivière Ankingafohy, près Bejofo, puis, dans l'Androy, le Nord d'Esira et Analamazava sur le Mandrare.

Au mont Ampanobe (gisement du zircon), se trouve une wollastonite offrant de beaux et larges clivages nacrés, elle est associée à du grossulaire rosé.

Dans la vallée du Manambolo et près d'Esira, il existe un type lithologique exceptionnel dans lequel des cristaux de wollastonite laminaire ont plus de 10 centimètres suivant c ; ils sont d'un blanc crème et sont associés à du sphène et à de la scapolite.

Notons en terminant qu'au Nord-Ouest de Mahanoro, à Antetezambato, la wollastonite se trouve, à la fois dans les calcaires cristallins et dans les filons de dissogénite qui les traversent. Cette dernière roche est, par suite, comparable à celle que j'ai observée jadis dans les contacts granitiques de la Haute-Ariège ; son origine endomorphe n'est pas douteuse.

PECTOLITE

$(SiO^3)^3Ca^2NaH$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0{,}9864 : 1 : 1{,}1755$; $zx = 70°40'$; $mm = 94°6'$. Macle suivant p (001). Clivages parfaits suivant p et $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$).

Dureté. 5. Fragile. *Densité*. 2,7 à 2,78.

Propriétés optiques. Blanche ou grise. Éclat soyeux suivant les fibres, allongées suivant ph^1. Eclat vitreux dans la cassure. Transparente à opaque.

Optiquement positive. Plan des axes optiques et bissectrice obtuse perpendiculaires à g^1 ; n_p sensiblement perpendiculaire au clivage p. $2V = 60°$; $n_m = 1{,}60$ env. ; $n_g - n_p = 0{,}038$.

Propriétés chimiques. La formule $(SiO^3)^3Ca^2NaH$ ou $6SiO^2\ 4CaO\ Na^2O\ H^2O$, correspond à SiO^2 54,2 ; CaO 33,8 ; Na^2O 9,3 ; H^2O 2,7 ; il existe parfois un peu de fer et de manganèse.

Au chalumeau, facilement fusible en émail blanc.

Facilement attaquable par les acides en faisant gelée.

Diagnostic. Se distingue des zéolites par ses propriétés optiques (réfringence et biréfringence plus élevées), de la wollastonite par sa biréfringence, ainsi que par le signe toujours positif de son allongement.

GISEMENTS

Je n'ai trouvé la pectolite que dans les calcaires métamorphisés par le granite à riebeckite d'Ampasibitika et aussi dans la syénite mélanocrate qui résulte de l'endomorphisme de cette roche par dissolution de calcaire. Ses baguettes

blanches, à structure un peu fibreuse, sont souvent partiellement épigénisées par de la calcite secondaire.

LÅVÉNITE

$(SiO^3)^2(Mn,Ca,Fe)(ZrO.F)Na$.

Ce minéral a des propriétés géométriques voisines de celles des pyroxènes ; il présente, comme eux, la macle suivant h^1, mais elle est toujours polysynthétique ; suivant la même direction s'observent des plans de séparation. La *densité* est 3,5.

Les *propriétés optiques* permettent aisément de reconnaître ce minéral, optiquement négatif, et dont n_p fait dans g^1 (plan des axes optiques) 20° avec c (dans l'angle aigu ph^1). $n_m = 1,750$; $2V = 79°$ env. ; $n_g - n_p = 0,03$. Le polychroïsme est très intense n_g = jaune d'or ; n_m et n_p = incolores.

GISEMENTS

La låvénite est un élément microscopique de la syénite néphélinique à augite aegyrinique de Nosy Komba.

Je ne l'ai trouvée, sous forme macroscopique, que dans la syénite néphélinique d'Analavory près Manongarivo : elle y constitue de très petits cristaux d'un jaune brunâtre.

GROUPE DES AMPHIBOLES

ANTHOPHYLLITE

$(SiO^3)^4(Mg,Fe)^4$

GÉDRITE

$(SiO^3)^4(Mg,Fe)^4$. x $SiO^6Al^2(Mg,Fe)$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombiques. Seules les faces prismatiques ont été observées ; $mm = 125°35'$ (*anthophyllite*), $124°48'$ (*gédrite*). Clivages faciles suivant m (110) ; difficiles suivant g^1 (010) et h^1 (100).

Dureté. 5,5 à 6. *Densité.* 3,04 à 3,26.

Propriétés optiques. Jaunes, grises brunâtres, verdâtres. Transparentes ou translucides. Éclat vitreux, nacré sur le clivage.

Plan des axes optiques parallèle à g^1. n_g est parallèle à c. Optiquement positives ou optiquement négatives ($\rho > v$) ; $n_g = 1,657$; $n_m = 1,642$; $n_p = 1,633$ (*anthophyllite*).

Propriétés chimiques. L'anthophyllite correspond, comme composition chimique, à la bronzite ; la gédrite contient souvent beaucoup d'alumine et en général plus de fer que l'anthophyllite.

Les propriétés pyrognostiques sont les mêmes que celles du groupe enstatite-hypersthène.

Diagnostic. Se distinguent des amphiboles monocliniques par les propriétés optiques et par l'absence de chaux.

GISEMENTS

Schistes cristallins.

Les minéraux de ce groupe se rencontrent dans les schistes cristallins. J'en connais quelques gisements à Madagascar [55].

Une anthophyllite fibreuse, jaunâtre, forme, avec cordiérite, une véritable roche, associée à des masses translucides de cordiérite, dans des veines quartzeuses, interstratifiées au milieu des micaschistes du Nord-Ouest du mont Tsilaizina (voir page 503) ; ses fibres atteignent 5 centimètres de longueur. L'examen microscopique montre qu'elles sont souvent entremêlées de cordiérite.

L'anthophyllite constitue aussi de longues et grêles aiguilles d'un jaune clair dans les chloritoschistes de la Volotarana, près de son confluent avec l'Ivoloina.

J'ai rencontré un beau gisement de gédrite à Antanety (Ouest de Maizamanjaka, au Sud-Ouest de Betafo). Ce minéral forme de très grosses masses fibrolamellaires brunâtres au milieu d'un micaschiste à cordiérite et grenat.

Je dois à M. Michaut des blocs, parfaitement roulés et polis, de magnétite grenue, recueillis à l'état de galets à Vohitralanana, à l'Ouest-Nord-Ouest de Foulpointe. Cette magnétite renferme des inclusions microscopiques de pléonaste et des aiguilles distinctes de gédrite atteignant de 4 à 5 centimètres de longueur, quand elles sont isolées, ou bien se réunissant en agrégats lamelleux de plus petites dimensions ; seules les faces m sont distinctes. Le minéral est coloré en jaune par des infiltrations ferrugineuses, mais, après un traitement à l'acide chlorhydrique, il apparaît transparent, avec une couleur grisâtre. En lames minces, les lames présentent un léger polychroïsme lorsqu'elles sont suffisamment épaisses ; elles possèdent alors une teinte gris bleuâtre suivant n_g. Le minéral est optiquement positif ; sa densité est de 3,068.

L'analyse a a été faite par M. Raoult ; je donne en b celle d'une variété asbestiforme dont il est question plus loin.

	a	b
SiO^2	52,48	55,20
TiO^2	0,05	0,06
Al^2O^3	4,23	2,82
Fe^2O^3	7,03	3,43
FeO	9,02	8,11
MgO	25,06	28,46
CaO	0,14	0,76
F	0,26	»
H^2O +	2,00	1,27
—	»	0,14
	100,27	100,27

Si l'on ajoute H^2O et F à la magnésie et à l'oxyde ferreux, l'analyse *a* conduit à la formule

$$9,2[(SiO^3)^4(Mg,Fe)].SiO^6(Fe,Al)^2(Mg,Fe)$$

Ce minéral doit être raproché des gédrites par sa teneur en sesquioxydes, mais il se distingue des types analysés par sa pauvreté en alumine compensée par une teneur élevée en oxyde ferrique.

Les amphiboles rhombiques présentent des variétés asbestiformes. — C'est à la gédrite qu'il faut rattacher l'asbeste[1] de la province de Tamatave qui se rencontre dans la vallée de l'Onibe, aux environs d'Ambodiary et de Vohitrovo, puis, dans la vallée de l'Ifontsy, aux environs de Tolongoina et de Lohanifontsy ; dans ce dernier gisement, l'asbeste, en longues fibres, plus ou moins souples, est mélangée d'actinote jaune verdâtre, en cristaux plus gros. D'après quelques échantillons que je dois à M. Berthier, je crois pouvoir conclure que ces minéraux se trouvent dans les fentes de schistes actinolitiques.

Il me reste à signaler une série de gisements d'*asbeste* d'anthophyllite et de gédrite sur les conditions exactes de gisement desquels je ne suis pas entièrement fixé, mais qui paraissent être des produits secondaires de schistes cristallins amphiboliques. La région d'Ankazobe en fournit en particulier de magnifiques échantillons, rigides ou flexibles, atteignant jusqu'à 15 centimètres de longueur : je citerai à ce point de vue Andranomiely, Tsarasaotra et surtout Tsaramasoandro, d'où M. Krafft m'a communiqué récemment de fort beaux échantillons ; l'analyse de l'un d'eux est donnée plus haut (*b*).

1. L'*asbeste* ou *amiante* n'est pas un minéral distinct, mais une forme structurale spéciale que prennent certaines amphiboles (longues aiguilles plus ou moins flexibles) (Voir tome II. Troisième partie).

GRUNÉRITE

$(SiO^3)^4Fe^4$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. Mêmes propriétés cristallographiques que la trémolite. La macle suivant h^1 (100) est constante et très polysynthétique.

Dureté. 5,6. *Densité.* 3,518.

Propriétés optiques. Brun clair à vert olive. Éclat vitreux, un peu nacré.

Optiquement négative. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010); n_g fait avec c un angle de 11 à 15°. $n_g = 1,717$; $n_m = 1,697$; $n_p = 1,672$; $2V = 82°$. La biréfringence est la plus forte qui ait été observée dans les amphiboles. Très faible polychroïsme, avec maximum suivant n_g.

Propriétés chimiques. La composition théorique est: SiO^2 45,5 ; FeO 54,5 ; une partie du fer peut être remplacée par du magnésium ; les variétés très magnésiennes constituent la *cummingtonite* qui est moins biréfringente.

Fusible au chalumeau en un verre noir magnétique.

Diagnostic. Se distingue des autres amphiboles monocliniques en ce qu'elle ne contient que du fer, possède une biréfringence plus forte et des macles extrêmement polysynthétiques. La cummingtonite a la biréfringence de la trémolite, les macles h^1 n'y sont pas constantes et quand elles existent, elles ne sont pas polysynthétiques comme dans la grunérite.

GISEMENTS

Schistes cristallins.

J'ai rencontré la *grunérite* intacte, sous forme d'aiguilles d'un vert jaunâtre extrêmement éclatant en lits intercalés dans les quartzites à magnétite de Besafotra (Mahekavava) à l'Ouest de Maevatanana. Elle est associée localement à une amphibole d'un noir verdâtre, à comparer à l'hudsonite.

La *cummingtonite* forme des aiguilles aussi fines que celles de la sillimanite (fibrolite) dans certains quartzites de la région de Maevatanana. Je crois pouvoir lui rapporter l'amphibole, souvent entièrement transformée en limonite jaune d'or soyeuse, qui se rencontre dans un grand nombre de gisements de *quartzites à magnétite* de l'île et notamment dans ceux de la région de Maevatanana et du lac Alaotra (voir tome II, à la description de ces roches). J'ai montré [145] que ces pseudomorphoses sont identiques à celles qui ont été jadis décrites comme minéral distinct, sous le nom d'*anthosidérite* et qui se trouvent au Brésil dans des conditions analogues, au milieu de quartzites à magnétite.

On trouvera dans le chapitre des *quartzites* la description d'une roche rouge de Maevatanana renfermant des pseudomorphoses d'amphibole aciculaire (cummingtonite ou grunérite) en un mélange de quartz grenu et d'hématite.

TRÉMOLITE — ACTINOTE

$(SiO^3)^4Mg^3Ca$ — $(SiO^3)^4(Mg, Fe)^3Ca$.

Propriétés cristallographiques. Monocliniques. Mêmes propriétés que la hornblende. Il existe des variétés asbestiformes, en longues aiguilles flexibles.

Dureté. 5 à 6. *Densité.* La densité augmente avec la teneur en fer de 2,9 à 3,2.

Propriétés optiques. Incolore, blanche, grise, jaune (*trémolite*), verte de diverses nuances (*actinote*). Éclat un peu nacré sur les clivages.

Optiquement négatives, plan des axes parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë faisant avec c un angle de + 72 à 75° ; l'angle d'extinction rapporté à la direction positive est donc de 18 à 25°. $n_g = 1{,}6340$; $n_m = 1{,}6233$; $n_p = 1{,}6065$; $2V = 81°$; la valeur des indices augmente et l'angle des axes diminue avec la teneur en fer. Polychroïsme dans les variétés colorées, augmentant avec la teneur en fer (maximum suivant n_g).

Proprietés chimiques. La composition théorique de la trémolite est : SiO^2 57,7 ; MgO 28,9 ; CaO 13,4 ; une proportion variable de magnésium peut être remplacée par du fer qui, dans certaines actinotes, domine sur le magnésium. Les essais pyrognostiques sont ceux du diopside plus ou moins ferrugineux.

Diagnostic. La trémolite et l'actinote se distinguent des hornblendes par l'absence de l'aluminium.

GISEMENTS

La trémolite et l'actinote, qui passent de l'une à l'autre par des transitions insensibles, sont fort abondantes à Madagascar dans des gisements variés.

Roches éruptives.

Péridotites. — La péridotite serpentinisée nickélifère de Valojoro est traversée par des veines secondaires de trémolite. L'une d'elles est un véritable filon de 1 mètre d'épaisseur, dans lequel l'amphibole mesure jusqu'à 20 centimètres de longueur ; ce minéral est presque entièrement épigénisé par de larges lames de talc.

Au mont Vohibory, au Nord-Est du pays Mahafaly, une serpentine renferme des veinules analogues, mais la trémolite y est ferrifère et intacte.

Contacts de roches éruptives.

Pegmatites. — Dans une géode de la pegmatite de Maharitra, j'ai rencontré de beaux cristaux de trémolite, implantés sur le microcline ; ils sont entièrement pseudomorphisés en quartz grenu et recouverts de petits cristaux d'albite et de rubellite.

De beaux échantillons de trémolite, grisâtre ou noirâtre, sont associés au diopside dans les calcaires métamorphisés par le granite de Marosaha, près Voanana, dans la région d'Ambatofangehana.

A quelques mètres du filon de pegmatite de Samiresy, dans lequel se trouve la samirésite, j'ai recueilli de jolis échantillons d'actinote fibrolamellaire, associée à du talc lamelleux. Cette roche, accompagnée de cornéenne à pyroxène, est un calcaire métamorphisé par le granite voisin.

Des masses fibrolamellaires de trémolite et parfois d'actinote d'un vert pâle, rendues miarolitiques aux affleurements par la dissolution de la calcite qui les imprègne, sont très caractéristiques des contacts des calcaires métamorphisés par les pegmatites. Quand ces minéraux sont disséminés dans le calcaire en cristaux nets, ils sont quelquefois libérés aux affleurements par la dissolution de celui-ci. Il faut citer de nombreux gisements dans la vallée de la Sahatany (Maharitra, Tampombohitra pour la trémolite, Ambalaroy, Maharitra pour l'actinote d'un vert clair, un peu grisâtre associée au pyroxène, mais non mélangée avec lui). A Ampatsikahitra, se trouvent de jolis cristaux gris perle, tapissant des géodes de corrosion dans de grands cristaux de diopside. A Marirano, des masses fibreuses d'actinote sont enclavées dans la pegmatite, dont elles sont séparées par une coquille de biotite.

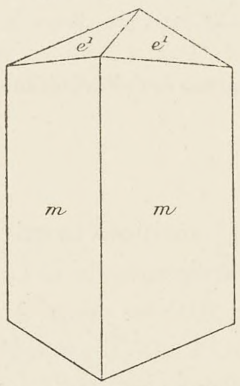


Fig. 404. — Trémolite-Actinote. Forme commune.

En dehors de cette vallée, mais dans la même région, on peut citer : Antsongombato, Ranomainty, Antandrokomby, le plateau voisin d'Antimenabe, etc. ; sur celui-ci, à Ieninkenina, cette trémolite est parfois associée à de l'or natif, visible à l'œil nu ; elle épigénise aussi de gros cristaux de diopside blanc. Plus au Sud, dans la région de l'Ampasimbe-Maseza, notamment à Ikalamavony, se trouve, aux épontes des filons quartzifères d'Imaina, une trémolite d'un vert clair, çà et là colorée en vert par des imprégnations de malachite.

A signaler encore le contact de la pegmatite à amazonite de la région d'Imody (trémolite et actinote) ; près Ambatofangehana, le mont Mahatsinjo, et Sahasorina, au Sud d'Ambatoarina (trémolite et actinote) ; enfin, Antanety, à l'Est de Mandro, où, au contact d'un gîte cuprifère, des veinules de trémolite miarolitique, d'un blanc nacré très éclatant, sont imprégnées de chrysocole. J'ai vu de la trémolite lamelleuse, provenant du mont Ambalihanjavatra dans le bassin de la Dabolava (Betsiriry).

Dans les fentes des calcaires à grenat de la rive droite de la Manandona, en aval du confluent de la Sahatany, se trouve une asbeste à fibres très flexibles.

Schistes cristallins.

Chloritoschistes. — Les chloritoschistes dépourvus de schistosité de la région de Vohémar contiennent des cristaux nets, blancs ou jaunes, de trémolite; le même minéral constitue des fibres d'un beau blanc, enchevêtrées dans des lames de biotite verte (Pl. 23, fig. 7) de la Fanjahira[1] (Nord-Ouest de Fort-Dauphin). Des masses fibreuses d'actinote, d'un vert sombre, ont été recueillies dans les gneiss entre Morafeno et Darena sur le Manambolo.

Calcaires cristallins et roches silicatées connexes. — La trémolite est très fréquente dans les calcaires cristallins et les gneiss à pyroxène qui en dérivent ; son mode de formation est tout à fait comparable à celui de la trémolite des contacts granitiques. Voici quelques gisements caractéristiques, d'où j'ai vu de beaux échantillons : Tunnel de Vongavonga (chemin de fer de l'Est) ; environs d'Alasora et Ambohimirakitra, au Sud de Tananarive ; le pied du mont Ankarinarivo ; Antsofimbato (fibres très fragiles) à l'Ouest de Tsinjoarivo ; Andriantsangana, à 5 kilomètres Nord d'Anjanabonoina (cristaux drusiques d'actinote d'un vert assez foncé) ; Marotampona, sur la rive droite du Mahajilo (20 kilomètres de Miandrivazo) ; 2 kilomètres Sud d'Ambatofinandrahana (cristaux nets et masses bacillaires de trémolite). A Anosivola (Sud de la Manambovona), les calcaires renferment de longs cristaux (*m*) de trémolite incolore, disséminés dans de la calcite, et des agrégats drusiques plus gros d'actinote d'un vert foncé (au voisinage de veinules quartzeuses cuprifères).

Dans le pays Mahafaly, à 5 kilomètres d'Ampanihy, sur la route de Tranoroa, puis sur la rive gauche du Manakaralahy, une variété jaune citron de trémolite, mélangée à du corindon bleuâtre, se trouve à la périphérie de nodules d'anorthite.

Des masses fibrolamellaires d'actinote, d'un vert jaunâtre, sont associées à des calcaires entre la Sakalalina et la Mahasoa (rive droite du Mangoky), à la lisière occidentale du Massif cristallin.

Enfin, le gneiss à pyroxène de la région de Benenitra (notamment à 1 kilomètre Nord de Befamonty ; à Ibeandry) renferme une actinote d'un beau vert rappelant la *smaragdite*, elle est remarquable par l'éclat vitreux de ses lames de clivage (densité 3,05).

1. Et non pas Ifrangia comme l'indique par erreur la légende de la planche 23.

La pyroxénite à phlogopite de Volonandrongo renferme la trémolite sous des aspects variés, en cristaux translucides d'un blanc gris, de plusieurs centimètres (*m* dominant), en masses bacillaires verdâtres, enfin en petits cristaux enchevêtrés, moulant de gros prismes de diopside qui ont parfois disparu, laissant, au milieu de la trémolite, des cavités ayant conservé leur forme et semblables à celle représentée par la figure 3 de la planche 22.

Les gros cristaux d'albite de ce gisement sont parfois associés à des masses fibreuses, constituées par des aiguilles d'actinote d'un vert clair de 6 à 7 centimètres de longueur, qui sont mises en liberté par la moindre pression. Cette même actinote est quelquefois englobée par l'opale secondaire qu'elle colore en vert pâle.

Veines et fissures de roches variées.

J'ai observé des baguettes drusiques d'actinote, d'un vert foncé, à faces prismatiques nettes, associées à des cristaux d'albite et provenant des fentes des amphibolites du mont Tsaramody (40 kilomètres Ouest de Betafo).

De belles aiguilles d'actinote d'un vert pâle sont englobées dans les cristaux de quartz qui tapissent les fentes des roches métamorphiques d'Ieninkenina.

Des baguettes d'actinote sont englobées dans du quartz filonien de l'Est du mont Vohidroa et de Mandrirano au Nord-Ouest d'Anjanabonoina, puis des environs de Midongy de l'Ouest (cristaux atteignant 10 centimètres $\times$ $0^{cm},8$).

Gisements de nature indéterminée.

J'ai eu entre les mains de jolis cristaux vert clair d'actinote translucide, à faces (mg^1) éclatantes, provenant de la région de Miandrivazo ; ils ont 3 centimètres de plus grande dimension ; je n'ai pu obtenir de précisions sur leur gisement. Il en est de même pour la trémolite, passant à l'asbeste, recueillie à Beratsimanana à 15 kilomètres Nord-Est de Maevatanana.

HORNBLENDES

$x\ (SiO^3)^4(Mg, Fe)^3Ca.\ y\ (SiO^3)^4(Al, Fe)^2Na^2.\ z\ (SiO^4)^3(Al, Fe)^2(Mg,Ca,Na^2)^3.$

Propriétés cristallographiques. Monocliniques. $a : b : c$ 0,55097 : 1 : = 0,29370 ; $zx = 75°58'$; $mm = 123°11'$. Macle suivant h^1 (100) ; macle d'origine secondaire suivant p (001). Clivages parfaits suivant m (110) ; clivages suivant h^1 (100) et g^1 (010) parfois distincts. Plans de séparation, accompagnés de macles polysynthétiques suivant h^1 et p (001).

Densité. 3 à 3,47. *Dureté.* 5 à 6. C'est la dureté de toutes les amphiboles.

Propriétés optiques. Incolores, grises, vertes de diverses nuances, d'un vert noir à noires. Transparentes en lames minces. Éclat vitreux, parfois extrêmement vif sur les lames de clivage.

Plan des axes optiques parallèle à g^1, sauf dans le cas particulier signalé plus loin ; n_g fait avec c des angles variant de 0 à 25°. Optiquement négatives, sauf dans la variété *pargasite*. Les indices varient avec la composition chimique (n_m = 1,620) (*pargasite*) ; 1,725 (*hornblende basaltique*) ; il en est de même de la biréfringence [0,019 (*pargasite*) 0,072 (*hornblende basaltique*)] et pour toutes les autres propriétés optiques. Le polychroïsme des hornblendes colorées est plus intense dans les types bruns que dans les types verts (maximum suivant n_g).

Propriétés chimiques. Les trois termes de la formule donnée plus haut entrent en quantité variable dans la constitution des différentes hornblendes et dans chacune d'entre elles les rapports des oxydes compris dans une même parenthèse ne sont pas constants ; il en résulte des variations considérables de composition qui entraînent des variations concomitantes des propriétés pyrognostiques.

La fusibilité au chalumeau (avec bouillonnement en un verre ou un émail jaune verdâtre ou noir) est d'autant plus grande que la teneur en fer ou en alcalis est plus élevée.

Diagnostic. La caractéristique différentielle de la hornblende et de l'actinote réside dans la teneur en aluminium. L'angle des clivages, la facilité plus grande de ceux-ci et aussi les propriétés optiques permettent d'établir le diagnostic différentiel avec les pyroxènes.

GISEMENTS

Innombrables sont les gisements de hornblende à Madagascar ; on y trouve un très grand nombre de variétés qui sont parfois caractéristiques de certaines conditions particulières, aussi passerai-je successivement en revue chacune d'entre elles.

HORNBLENDE COMMUNE

Le type le plus fréquent des hornblendes est une hornblende, verte ou brune, que l'on désigne généralement sous le nom de *hornblende commune* ; elle est riche en chaux et en magnésie et plus ou moins ferrifère.

Elle entre dans la constitution des granites, des gneiss, des diorites ; c'est elle qui épigénise l'augite des gabbros et des roches diabasiques. On la trouve aussi dans les gneiss, les amphibolites, les pyroxénites. Aussi, ses gisements sont-ils fort nombreux dans l'île, mais dans aucun d'entre eux elle ne se présente avec des particularités intéressantes. Je me contenterai donc de renvoyer aux divers chapitres de la partie lithologique de cet ouvrage.

Tout au plus citerai-je certaines pegmatites basiques, telle que celle de la falaise d'Ampamarinana que surmonte le Palais de la Reine à Tananarive, à cause des grandes dimensions de ses cristaux de hornblende qui peuvent atteindre un décimètre.

PARGASITE

Cette hornblende, caractérisée par son signe optique positif et par sa pauvreté en fer, entraînant une couleur pâle (blanche, grisâtre, brunâtre, verte), paraît abondante dans les calcaires cristallins de Madagascar et dans les roches silicatées qui en dérivent. J'en ai rencontré de bons exemples dans le pays Mahafaly (rivière Manakaralahy) et aussi dans le Massif cristallin (Ambohidrazana près Tsiafahy).

HORNBLENDE BASALTIQUE

Cette hornblende noire abonde dans les gabbros et dans les roches volcaniques, surtout dans leurs types basiques. Je citerai deux exemples caractéristiques.

Une limburgite d'Antsahavony sur le Manambato (affluent de gauche de la Mahavavy du Nord) renferme de très nombreux phénocristaux de hornblende atteignant 7 centimètres de longueur ; leurs clivages sont extrêmement éclatants.

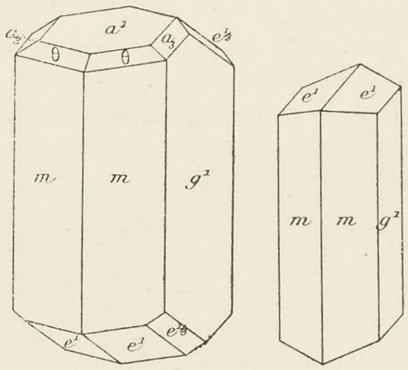


Fig. 405 et 406. — Hornblende basaltique. Formes communes.

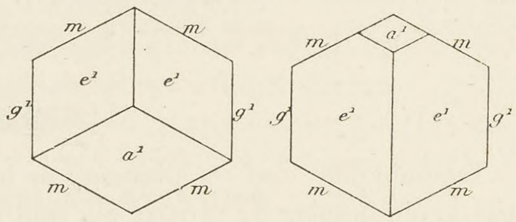


Fig. 407 et 408. — Hornblende basaltique. Projection des deux sommets sur un plan perpendiculaire à c.

Une labradorite du mont Manakanala (vallée de l'Ankingafohy, affluent de l'Andranomalaza) contient des cristaux de même nature, moins gros, mais très nets.

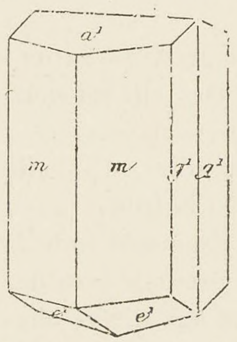


Fig. 409. — Hornblende basaltique. Macle suivant h^1.

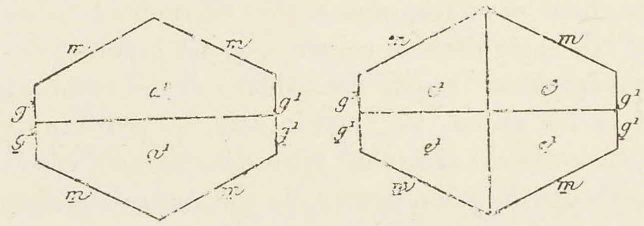


Fig. 410 et 411. — Hornblende basaltique. Macle suivant h^1. Projection des deux sommets de la fig. 409 sur un plan perpendiculaire à c.

Dans les tufs basaltiques se rencontrent des fragments ou des cristaux isolés très nets du même minéral. Dans certains cônes de scories du Camp d'Ambre, de même qu'à Nosy Mitsio, ces fragments, limités par des clivages ou fondus périphériquement, atteignent 8 centimètres de longueur ; il y existe aussi des agrégats miarolitiques de cristaux plus petits, seuls ou associés à de l'augite et de la titanomagnétite.

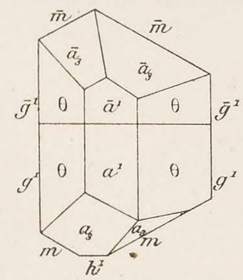


FIG. 412. — Hornblende basaltique. Projection sur un plan perpendiculaire à c d'une macle suivant h^1.

Les cristaux distincts ont exactement les mêmes formes que ceux qui se rencontrent en Auvergne dans les mêmes conditions.

Les formes les plus communes sont m, g^1, a^1 ($\bar{1}01$), e^1 (011), auxquelles s'ajoutent parfois de petites faces $e^{1/3}$ (031), θ ($\bar{1}21$), a_3 ($\bar{2}11$) (fig. 405 à 408).

Ces cristaux sont souvent maclés suivant h^1 (fig. 409 à 412).

Le gisement le plus remarquable est le cratère d'Ampala près de l'Ambohitrondry (Nord-Ouest de Soavinandriana), dans le massif de l'Itasy. Je l'ai visité sur les indications du P. Muthuon.

HORNBLENDE BARKEVICITIQUE

Cette amphibole, d'un très beau noir (brune en lames minces), à clivages éclatants, est caractéristique des types dominants des roches néphéliniques de Nosy Komba, de la région d'Ankaramy et du massif du mont Bezavona. Dans les syénites, les monzonites néphéliniques, certaines théralites, dans les bekinkinites, cette amphibole est très allongée suivant c ; les variétés pegmatiques en renferment des cristaux à faces prismatiques (m, g^1, h^1) nettes, ayant souvent plus de 5 centimètres de longueur ; ils sont d'un noir extrêmement éclatant.

Dans les types très mélanocrates de ces mêmes roches, ainsi que dans les mafraïtes, il arrive que ces cristaux ne soient plus allongés suivant l'axe vertical, mais raccourcis ; ils ont alors une tendance à la structure poecilitique ; là encore, on en trouve des cristaux ayant plusieurs centimètres de plus grande dimension (notamment à Andrekareka). La même amphibole, qui donne l'air de famille à toutes les roches de cette région, se trouve aussi dans les camptonites, les monchiquites et les basaltes amphiboliques (Ambodimadiro).

L'analyse suivante a été faite par M. Raoult sur un échantillon du massif de Bezavona ; elle montre que cette amphibole ne doit pas être considérée comme une véritable barkevicite, ainsi que je l'ai indiqué dans mes travaux antérieurs sur les

roches de la province pétrographique d'Ampasindava, elle est trop basique, trop riche en magnésium et en calcium, trop pauvre en alcalis ; je la désigne sous le nom de *hornblende barkevicitique*.

SiO^2	37,48
TiO^2	3,98
Al^2O^3	7,78
Fe^2O^3	10,96
FeO	10,42
MnO	0,44
MgO	8,80
CaO	14,20
Na^2O	2,70
K^2O	1,73
F	0,57
H^2O +	0,54
−	0,16
	99,79
Densité	3,297

HUDSONITE

L'hudsonite se distingue, au point de vue optique, de la hornblende commune par la petitesse de l'angle des axes optiques qui peut devenir presque nul (le plan des axes optiques est généralement compris dans g^1 et plus rarement perpendiculairement à cette face), par une forte dispersion et une très faible biréfringence.

Au point de vue chimique, la hudsonite est une hornblende très riche en fer, très pauvre en magnésium et en calcium, contenant moins d'alcalis que la barkevicite.

C'est à une variété de cette amphibole qu'appartiennent les cristaux, de plusieurs centimètres de longueur, qui constituent un élément essentiel de la pegmatite du pied Sud-Ouest de l'Ampantaka, au Nord d'Antsirabe, près du chemin d'Ambano.

Il faut aussi en rapprocher la seule amphibole que j'ai rencontrée dans une pegmatite sodo-lithique, dans celle d'Antaboaka. J'y ai remarqué un cristal mesurant 60 centimètres de longueur ; de nombreuses lames de biotite à axes assez écartés sont distribuées dans ses clivages ; le polychroïsme se fait dans les teintes suivantes : n_g = vert de mer ; n_m = vert olive ; n_p = jaune pâle.

Il est vraisemblable qu'un grand nombre des amphiboles des granites et des gneiss du Massif cristallin sur lesquels l'attention est appelée par la petitesse de l'écartement des axes optiques sont aussi constitués par l'hudsonite. Il en est aussi de même pour l'amphibole d'un vert foncé qui accompagne la grunérite de Besafotra.

Je donne ci-contre l'analyse de la hudsonite *a*) des environs d'Ambano par M. Pisani, *b*) d'Antaboaka par M. Raoult, *c*) du gisement originel de Cornwall (état de New-York) par Weidmann (*Amer. J. of Sc.*, t. XV, 1903, p. 227).

	a	*b*	*c*
SiO^2.	39,75	44,44	36,86
TiO^2.	1,05	0,62	1,04
Al^2O^3.	11,31	3,80	12,10
Fe^2O^3.	4,92	9,29	7,41
FeO.	22,70	16,84	23,35
MnO.	4,10	4,05	0,77
MgO.	2,82	6,17	1,90
CaO.	8,45	9,86	10,59
Na^2O.	0,82	2,01	3,20
K^2O.	1,15	0,94	1,20
H^2O +.	1,50	1,71	0,60
—.	0,85	0,21	0,70
	99,42	99,44	99,72
Densité.	3,396	3,196	

La proportion de soude est beaucoup plus faible dans le minéral d'Ambano que dans celui du gisement américain ; l'amphibole d'Antaboaka, beaucoup plus sodique est remarquablement pauvre en alumine et par altération, elle se charge d'oxyde de fer manganésifère.

LANÉITE

Vue à l'œil nu ce minéral est noir. Cette amphibole que j'ai rencontrée dans certains gisements malgaches se distingue des hornblendes par ses propriétés optiques ; le plan des axes est parallèle à g^1 (010), mais n_g fait avec l'axe vertical des angles variables avec les types étudiés (30° à 60°). Le signe optique est négatif ; l'angle des axes est très petit et difficile à mesurer, à cause de la faible biréfringence et d'une très grande dispersion. Le polychroïsme est caractéristique avec $n_m > n_g > n_p$ et une teinte rougeâtre, plus ou moins violacée, suivant n_m, jaune ou brunâtre dans les autres directions. Cette amphibole paraît correspondre à la *lanéite* de M. Murgoci, plutôt qu'à la katophorite, à laquelle je l'ai jadis comparée.

Granites alcalins. — J'ai rencontré une amphibole de ce type dans les granites alcalins d'Ampasibitika, d'Antsatrotro et de l'Ambohitrosy ; ce minéral constitue en outre de petites plages microscopiques dans quelques phonolites et microsyénites de la région du Nord-Ouest, où il accompagne l'aegyrine, comme dans les granites.

L'une des particularités de cette amphibole est de se transformer sur les bords, et progressivement, en amphibole bleue ou verte appartenant à la riebeckite ou à l'arfvedsonite ; il est impossible de séparer mécaniquement ces diverses amphiboles,

J'ai fait analyser (M. Raoult) la plus intacte de ces amphiboles, ayant une densité de 3,54 et provenant d'Ambaliha :

SiO^2	47,80
TiO^2	1,83
Al^2O^3	1,57
Fe^2O^3	12,66
FeO	20,45
MnO	0,38
MgO	0,72
CaO	4,60
Na^2O	5,75
K^2O	1,62
F	0,91
H^2O +	0,93
—	0,29
	99,71

Cette composition se rapproche beaucoup de celle d'une amphibole, à propriétés optiques analogues, se trouvent dans les sanidinites alcalines de San Miguel aux Açores.

La lanéite appartient à la série riebeckite-barkevicite ; elle renferme moins de Fe^2O^3 et d'alcalis que la riebeckite et davantage que la barkevicite ; enfin, elle contient moins de calcium et de magnésium que cette dernière.

IMERINITE

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. Mêmes propriétés cristallographiques que la trémolite. $mm = 124°42'$.

Dureté. 5 à 6. *Densité.* 3,02.

Propriétés optiques. Bleu noir, bleu de lin. Éclat vitreux très vif. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). L'extinction en lumière blanche est imparfaite par suite d'une très forte dispersion des bissectrices ; en lumière blanche n_g fait avec l'axe vertical un angle voisin de 50°. Optiquement négative. L'angle des axes est faible, mais n'a pu être précisé, par suite de la faible biréfringence et de la grande dispersion. Les cristaux sont généralement zonés ; le polychroïsme est net ; n_g = vert bleuâtre pâle ; n_m = bleu violacé foncé ; n_p = vert jaunâtre pâle.

Propriétés chimiques. L'analyse donnée plus loin montre que le rapport

$$SiO^2 : (R^2O^3 + RO + R^2O + F) = 1 : 1{,}015,$$

c'est-à-dire presque exactement celui d'un métasilicate. Au point de vue chimique, cette amphibole ne peut être rapprochée que de la *richtérite* et en particulier de sa variété la natron-richtérite (*astochite*), mais celle-ci est plus pauvre en sesquioxydes, ne contient presque pas de fer et, par contre renferme beaucoup de manganèse ; sa couleur est jaune pâle ; de plus, ses propriétés optiques ne diffèrent guère de celles de la trémolite.

Plus fusible que la trémolite et colore la flamme en jaune intense.

Diagnostic. Les propriétés optiques et pyrognostiques ne permettent de confondre l'imerinite avec aucune autre amphibole.

GISEMENTS

J'ai donné le nom d'imerinite [26] à une amphibole bleue se trouvant dans un calcaire métamorphisé par le granite dans les environs d'Ambatoarina, à 2 ou 3 kilomètres du confluent du Mahanoro et du Vatomaro, sur le sentier conduisant d'Ambositra à Ambatofangehana. Dans les calcaires redressés verticalement, cette amphibole est soit clairsemée — et alors elle constitue des cristaux d'un bleu noir, pouvant atteindre un centimètre — soit très abondante et dans ce cas elle forme de petites aiguilles, parfois filiformes d'un bleu lavande. Enfin, ces mêmes aiguilles fines s'enchevêtrent pour former une véritable amphibolite qui se rencontre à l'état de nodules au milieu des calcaires.

A cette amphibole sont associés du quartz, des cristaux de pyrite (limonitisée), du rutile, du sphène, de la phlogopite, etc.

L'analyse *a*) a été effectuée par M. Pisani. Je donne comme comparaison les analyses : *b*) de la *richtérite* de Pajsberg, par Igelström (*Öfv. Akad. Stockholm,* t. XXIV, 1867, p. 24) et *c*) de Långban, par Engström (*Geol. För. Föhr. Stockholm,* t. II, 1875, p. 470) et aussi celle, *d*) de la *szechényite* qui accompagne la jadéite du Thibet, par Loczka, *in* J. Krenner, *Zeitschr. für Krist,* t. XXXI, 1899, p. 502).

	a	*b*	*c*	*d*
SiO^2	53,73	52,23	53,28	55,02
TiO^2	0,41	»	»	»
Al^2O^3	2,72	»	2,31	4,53
Fe^2O^3	4,72	»	»	1,04
FeO	4,70	1,35	1,62	3,28
MnO	»	11,37	7,54	»
MgO	20,60	21,03	19,20	20,36
CaO	2,73	5,20	8,43	8,00
Na^2O	7,42	8,82 (Na²O + K²O)	6,33	6,71
K^2O	1,82		»	1,52
H^2O	0,85	»	0,71	0,51
F	0,92	»	»	»
	100,62	100,00	100,08[1]	100,97

Malgré l'analogie chimique que présentent l'imerinite et ces diverses amphiboles, leurs propriétés optiques ne permettent pas de les réunir.

1. Y compris Li^2O 0.66.

RIEBECKITE

$(SiO^3)^4Fe^2Na^2$, x $(SiO^3)^4(Fe, Ca, Mg)^4$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0{,}55572 : 1 = 0{,}29686 : zx = 73°69'$; $mm = 124°$ environ.

Mêmes propriétés cristallographiques et même dureté que pour la hornblende; il existe des variétés asbestiformes[1].

Densité. 3,39 à 3,45.

Propriétés optiques. Noire, un peu bleue et bleu foncé en lames minces. Optiquement positive. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010) ou (*osannite*) perpendiculaire à g^1; n_p fait — 5° avec c. Dispersion très grande. Très forte réfringence. Le pléochroïsme est extrêmement intense. n_g = vert jaunâtre; n_m = bleu; n_p = bleu indigo foncé, presque noir.

Propriétés chimiques. On trouvera plus loin l'analyse d'une riebeckite de Madagascar; l'augmentation de la teneur en FeO conduit à des variétés intermédiaires avec l'arfvedsonite.

Fond facilement à la flamme d'un bec Bunsen en un émail noir, magnétique, et colore la flamme en jaune.

Diagnostic. Le polychroïsme intense, la couleur bleue, le signe négatif de l'allongement et le petit angle d'extinction constituent les caractères distinctifs de la riebeckite et des autres amphiboles; l'arfvedsonite a un angle d'extinction de 20°.

GISEMENTS

Les granites alcalins d'Ampasibitika et ceux de Makaraingo renferment, comme élément essentiel, de la riebeckite dont les cristaux ont fréquemment une structure poecilitique et peuvent atteindre 20 centimètres de longueur dans les pegmatites granitiques d'Andrombanga, à l'Est d'Ampasibitika.

Dans les syénites alcalines quartzifères de la même région, il existe des riebeckites dont la couleur bleue tire un peu sur le vert et qui possèdent un angle d'extinction de 15 à 20°, tout en conservant un allongement négatif: ces variétés établissent des passages à l'*arfvedsonite*[2] et doivent correspondre à des types dans lesquels la proportion de FeO s'est accrue au détriment de celle de Fe^2O^3. On a vu page 515 que la riebeckite d'Ampasibitika présente des pseudomorphoses en hédenbergite aegyrinique; celle-ci y existe seule ou mélangée avec du quartz.

L'analyse *a*) a été faite sur un grand cristal d'Ampasibitika par M. Raoult (densité 3,390); comme comparaison, je donne ci-contre les analyses de la riebeckite; *b*)

1. Le terme de *crocidolite* doit être compris aujourd'hui comme désignant la forme asbestiforme de toutes les amphiboles bleues; ce n'est point un minéral distinct.

2. J'ai appelé ces amphiboles *arfvedsonites* dans des mémoires antérieurs [131], mais il me semble préférable de réserver ce terme aux types d'un bleu plus vert et plus riches encore en fer ferreux.

de Socotra, par Sauer (*Zeitschr. d. d. geol. Gesell.*, t. LX, 1888, p. 138); *c*) de Quincy (Mass.), par Ch. Palache et C. M. Waren (*Amer. J. of Sc.*, t. 31, 1911, p. 549); *d*) d'El Paso (Colorado), par Koenig (*Zeitschr. f. Krist.*, t. I, 1877, p. 430); *e*) d'Evisa (Corse), par M. Orcel (*Bull. Soc. fr. minér.*, t. XLIII, 1920, p. 232).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*
SiO^2	48,40	50,01	51,79	49,83	49,70
TiO^2	0,78	»	1,28	1,43	0,65
Al^2O^3	3,60	»	0,68	traces	2,00
Fe^2O^3	14,70	28,30	14,51	14,87	13,14
FeO	18,39	9,87	21,43	18,86	21,16
MnO	0,18	0,63	1,15	1,75	0,43
MgO	0,43	0,34	0,10	0,41	traces
CaO	2,00	1,32	1,28	»	0,20
Na^2O	7,56	8,79	6,16	8,33	8,54
K^2O	1,96	0,72	1,10	1,44	2,15
F	1,35	»	0,20	0,20	0,17
H^2O +	0,76	»	1,30	»	1,90
—	0,05	»	0,10	»	0,15
	100,08	99,98	101,08	99,81 [1]	100,19

Les riebeckites se distinguent les unes des autres par le rapport des deux silicates indiqués dans la formule donnée plus haut et auxquels vient parfois s'ajouter le silicate $(SiO^3Na^2)^4$. La riebeckite d'Ampasibitika correspond au cas où les deux premiers silicates se trouvent en proportion équimoléculaire (Cf. Orcel, *op cit.*).

TORENDRIKITE

J'ai donné ce nom [2] [157] à une amphibole d'un noir bleuâtre, de densité 3,21, dont la composition sera exposée plus loin.

Ses *propriétés optiques* sont caractéristiques : son polychroïsme est intense : n_g = jaune paille; n_m = violet; n_p = bleu de mer. Le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010); la dispersion des bissectrices est si forte qu'il est impossible d'obtenir un extinction complète en lumière blanche; pour la lumière du sodium, cette extinction est voisine de 40°. L'écartement des axes optiques est très grand, aussi le signe optique reste-t-il indécis en l'absence de mesure précise de l'angle des axes.

Les *propriétés pyrognostiques* sont celles de la riebeckite.

GISEMENTS

La torendrikite est un des éléments essentiels de la syénite à microcline à grands éléments formant un filon dans une roche analogue, mais à grain fin, qui affleure

1. Y compris ZrO^2 à 0,75.
2. De Torendrika, abréviation d'Itorendrika, par suppression de l'article.

à l'Est du village d'Ambatofinandrahana ; elle y constitue localement des agrégats miarolitiques et, sur les bords du filon, des masses fibrolamellaires de grandes dimensions dans lesquelles se distinguent des baguettes ne présentant que les formes *m* ; elle constitue aussi l'amphibole des pegmatites syénitiques de la région Itorendrika-Ifasina. A Ambahy et sur la rive Nord de l'Imorona, entre Ambohimanantalaha et Marovolavo, on peut la recueillir en masses bacillaires dont les composants ont jusqu'à 7 centimètres suivant *c* ; elles sont toujours associées à de la biotite qui se développe parfois dans leurs clivages. Dans ces gisements, la rhodusite est tendre, fragile et d'une couleur vert brunâtre par suite d'un commencement d'altération qui y développe de la limonite. Un traitement par HCl du minéral pulvérisé permet de faire disparaître celle-ci et la torendrikite apparaît alors avec sa belle couleur bleue noir, identique à celle du minerai intact des gisements précédents.

Enfin cette amphibole forme des cristaux plus petits dans les orthogneiss syénitiques d'Amparibe, près Bedihy qu'elle colore en bleuâtre.

Des fragments de quartz ont été trouvés à Itorendrika dont la couleur bleue est due à des inclusions aciculaires d'une variété abestiforme de cette même amphibole.

Analyses par M. Raoult de la torendrikite : *a*) d'Ambahy ; *b*) d'Ambatofinandrahana ;

	a	*b*
SiO^2	52,52	54,10
TiO^2	0,57	0,42
Al^2O^3	2,59	1,00
Fe^2O^3	12,95	13,02
FeO	5,51	8,09
MnO	0,73	»
MgO	14,74	12,81
CaO	3,86	3,82
Na^2O	4,51	5,24
K^2O	1,43	0,94
F	0,09	0,31
H^2O +	0,41	0,12
—	»	0,12
	99,91	99,99

L'examen spectrographique fait par M. de Gramont a décelé, en outre, des traces de strontium et de baryum et, dans un échantillon, des traces de scandium.

Cette composition est très caractéristique ; c'est elle qui, jointe aux propriétés optiques, m'a conduit à donner un nom nouveau à cette amphibole, plus magnésienne que la glaucophane, moins riche en sesquioxydes que celle-ci (à l'inverse de l'imerinite) et enfin plus calcique, à la fois que la glaucophane et l'imerinite dont

elle se rapproche par ses propriétés optiques. Elle constitue le point intermédiaire d'une série, mise en évidence par M. Murgoci, qui comprend ces deux amphiboles bleues. La torendrikite est jusqu'ici spéciale aux gisements malgaches.

ÆNIGMATITE

x [(Si, Ti)O^3]^4(Na^2, K^2,Fe)^4], y (SiO^3)^4Al^2Na^2, z (SiO^3)^4(Fe, Mn, Mg)^{3}Ca.

Propriétés cristallographiques. Triclinique. $a : b : c = 0,6778 : 1 : 0,3506$; $yz = 90°$; $zx = 72°49'$; $xy = 90°$; $mt = 114°9'$. Macles polysynthétiques suivant g^1 (010). Clivages suivant m (1̄10) et t (110), moins faciles que dans les amphiboles monocliniques.

Dureté. 5,5. *Densité.* 3,74 à 3,85.

Propriétés optiques. Noire. Transparente seulement en lames excessivement minces. Éclat vitreux. Poussière brun rouge.

Optiquement positive; plan des axes optiques voisin de g^1. La bissectrice aiguë fait avec c un angle de 45°. 2V = 60° env. Polychroïsme extrêmement intense dans les teintes suivantes: n_g = brun noir; n_m = brun châtaigne foncé; n_p = brun rouge clair.

Propriétés chimiques. La composition, fort compliquée, est représentée par la formule donnée plus haut.

Facilement fusible en un verre noir magnétique. Difficilement attaquée par les acides concentrés.

Diagnostic. La couleur extraordinairement foncée, pouvant aller jusqu'à une opacité presque complète et l'intensité de la réaction du titane permettent de distinguer ce minéral des amphiboles brunes qui ont une forme voisine.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Syénites néphéliniques, syénites et granites alcalins. — L'ænigmatite, en cristaux noirs, d'un brun châtaigne en lames minces, constitue un élément microscopique assez fréquent des syénites néphéliniques à aegyrine de la base orientale du mont Andevenanaomby (massif du Bezavona), ainsi que des syénites à aegyrine quartzifères du mont Ambohitrosy dans l'Ambongo. Je l'ai rencontrée aussi, associée à de l'allanite, dans des veinules de granite à riebeckite traversant les quartzites métamorphisés d'Ampasibitika.

Phonolites. — Enfin, le même minéral, sous forme de petites plages microscopiques, poecilitiques par rapport aux feldspaths, abonde dans certaines phonolites néphéliniques à aegyrine. A cet égard, celle de Nosy Kivonjy, près de la pointe d'Ambavatoby, mérite d'être particulièrement citée.

LEUCITE

$(SiO^3)^4Al^2(K,Na)^2$.

Propriétés cristallographiques. Pseudocubique. Se trouve toujours en trapézoèdres a^2 (fig. 497). Traces de clivage suivant b^1 (110). Cassure inégale.

Dureté. 5,5 à 6. Fragile. *Densité.* 2,45 à 2,50.

Propriétés optiques. Incolore ou blanche, transparente ou translucide. L'examen en lumière polarisée parallèle montre que le minéral n'est que pseudocubique; les macles quadrillées caractéristiques disparaissent à + 500°. $n_g = 1{,}509$; $n_p = 1{,}508$.

Propriétés chimiques. La composition théorique est: SiO^2 55,0; Al^2O^3 23,5; K^2O 21,5; une petite partie du potassium est généralement remplacée par du sodium.

Infusible au chalumeau. Décomposée par l'acide chlorhydrique, sans faire gelée.

Diagnostic. La forme géométrique, la faiblesse de la biréfringence et de la réfringence, la facile attaque par les acides sont caractéristiques de la leucite, qui se distingue de l'analcime (sodique) par sa richesse en potasse et par l'absence d'eau.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Roches volcaniques. — La leucite n'existe à Madagascar que comme élément microscopique essentiel de quelques roches. Je citerai en particulier les *leucit-phonolites* du torrent d'Ampiambesany (Bezavona) et certaines tinguaïtes du même massif; la leucite y est, transformée en analcime.

Je l'ai citée antérieurement dans les néphélinites d'Ambato, près Nosy Komba, du Tsiafajavona et de quelques localités de Nosy Be; ce sont les roches que j'appelle aujourd'hui ankaratrites. Cette détermination était basée sur l'existence d'inclusions ferrugineuses en couronne que j'avais rencontrées dans la pâte de ces laves et qui ressemblent beaucoup à celles de leucitites typiques. L'analyse chimique me fait faire aujourd'hui des réserves sur cette attribution, à moins cependant que cette leucite ne soit transformée en analcime.

Syénites néphéliniques — Enfin, je citerai dans des enclaves essexitiques de la syénite néphélinique de Nosy Komba et dans les microsyénites néphéliniques du massif de Bezavona des trapézoèdres de leucite transformés en orthose, avec ou sans néphéline, et identiques par suite aux *pseudoleucites* de l'Arkansas et du Brésil.

BÉRYL

$(SiO^3)^6Al^2Gl^3$.

Propriétés cristallographiques. Hexagonal. $c = 0{,}49884$; $pa^1 = 135°4'$; $pb^1 = 153°3'$. Clivage p (0001) généralement imparfait. Cassure conchoïdale ou inégale.

Dureté. 7,5 à 8. *Densité.* Variable avec la composition chimique : 2,63 à 2,91.

Propriétés optiques. Incolore, jaune, vert, bleu, rose de diverses nuances. Éclat vitreux. Transparent ou translucide.

Uniaxe et optiquement négatif, avec fréquentes anomalies optiques. Réfringence variable avec la composition chimique (voir plus loin). Polychroïsme souvent assez intense, avec maximum suivant n_p.

Propriétés chimiques. La formule donnée plus haut correspond à la composition chimique suivante : SiO^2 67,0 ; Al^2O^3 19,0 ; GlO 14,0 ; il y a lieu d'ajouter la fréquence des alcalis (Na^2O, K^2O, Li^2O, Cs^2O, Rb^2O) remplaçant de la glucine, cette particularité entraîne des modifications importantes dans les constantes optiques et dans la densité. Penfield écrit la formule $Si^{12}O^{37}Al^4Gl^6H^2$.

Au chalumeau, les béryls riches en alcalis fondent plus facilement (verre bulleux) que ceux qui n'en renferment pas. Insoluble dans les acides.

Diagnostic. La forme du minéral est caractéristique ; sa dureté et sa densité permettent de distinguer le béryl du quartz et sa dureté, de l'apatite.

GISEMENTS

Pegmatites. — Le béryl est parmi les minéraux les plus abondants des pegmatites de Madagascar et il ne se rencontre en place que dans ces roches. Il n'a été trouvé qu'exceptionnellement dans les alluvions (Ifempina), provenant de leur désagrégation. Il présente des particularités fort intéressantes, non seulement au point de vue scientifique, mais encore au point de vue économique (voir tome II, Troisième Partie, Chapitre III).

En décrivant sous le nom de « béryl riche en alcalis » les premiers béryls roses, trouvés à Maharitra, j'ai montré [38] qu'il existe à Madagascar deux sortes de béryl rose : l'une possède une densité et des indices de réfraction très voisins de ceux du béryl normal, alors que l'autre est plus dense et plus réfringente. Des essais qualitatifs m'ayant permis de constater que ce dernier type est riche en métaux alcalins et notamment en césium, j'ai rapproché ce fait de l'existence en Californie et dans le Maine de béryls césifères possédant une densité élevée et j'ai émis l'hypothèse que les propriétés spéciales des béryls de Maharitra sont fonction de l'existence des métaux alcalins et en particulier du césium. Cette hypothèse a été confirmée peu après par M. Ford [16], à l'aide de la mesure des indices de réfraction des béryls américains et, en outre, de l'analyse d'un béryl de Madagascar. Plus

tard, en réunissant une série d'analyses, de densités et d'indices de réfraction des béryls malgaches, j'ai montré, soit seul, soit en collaboration avec M. Rengade [93] qu'en réalité, il n'existe pas deux types distincts de béryl, mais une série continue de béryls dont les termes sont de plus en plus riches en métaux alcalins, en même temps que croissent leur densité et leur réfringence. Peu après, MM. Duparc, Wunder et Sabot [13], se basant sur l'analyse de quelques béryls de couleur variée, ont mis en doute cette conclusion, et fait leur l'opinion que j'avais émise au début de mes études sur cette question, alors que j'étais imparfaitement documenté. Un travail postérieur m'a permis d'asseoir sur de nouvelles preuves [59] la théorie de la continuité, pour laquelle plus récemment M. Maddalena a apporté des arguments[1] résultant de l'étude des béryls de l'île d'Elbe.

Je résume dans le tableau ci-contre une série de données légitimant mes conclusions ; il renferme les analyses : *a*) du béryl rose de Tsilaizina par MM. Duparc, Wunder et Sabot ; *b*) du béryl vert de Sahanivotry par les mêmes ; des béryls roses, *c*) de Vohidahy (A. Lacroix et Rengade) ; *d*) de Madagascar par M. F. Ford [16] ; *e*) de Maharitra (A. Lacroix et Rengade) ; *f*) du béryl vert pâle d'Ankitsikitsika par M. Duparc et ses collaborateurs :

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
SiO^2.	64,76	64,56	62,70	62,79	60,39	61,77
Al^2O^3.	18,14	18,02	} 30,20	17,73	} 29,05	17,41
GlO.	13,76	13,49		11,43		11,76
FeO.	»	0,61 (Fe^2O^3)	1,04	»	0,26	»
MnO.	0,003	»	tr.	»	tr.	»
CaO.	»	»	»	»	0,34	»
Cs^2O.	»	»	1,43	1,70	4,56	0,87
Rb^2O.	»	»	»	»	»	1,34
K^2O.	0,04	0,32	»	»	»	0,68
Na^2O.	0,73	1,43	1,03	1,60	0,24	2,05
Li^2O.	0,15	0,12	0,83	1,68	2,00	1,99
P. F.	2,24	1,96	1,74	2,65	1,65	2,20
	99,823	100,51	99,04	99,58	98,49	99,97
Alcalis.	0,92	1,87	3,29	4,98	6,80	6,93
Densité. . . .	2,716	2,7186	2,75	2,79	2,81	2,8474
n_g.	1,5822	1,5834	1,5860	1,5950	1,5996	1,5974
n_p.	1,5760	1,5774	1,5795	1,58691 env.	1,5911	1,5890
$n_g - n_p$. . . .	0,0062	0,0060	0,0065	0,00809	0,0085	0,0084

Voici en outre les indices mesurés sur divers cristaux de béryl qui n'ont pas été analysés[2] :

1. *Atti R. Accad. Lincei*, t. XXI, 1912, p. 633.
2. L'étude spectroscopique des béryls de Maharitra et d'Anjanabonoina a permis à M. de Gramont d'y

a) béryl rose ; *b*), *c*), *d*) béryl bleu de Tongafeno ; *e*) béryl incolore d'Anjanabonoina (A. Lacroix) ; *f*) (A. Lacroix) et *g*) (A. Lacroix) (Duparc, Wunder et Sabot) béryl rose de Maharitra.

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*
n_g.	1,5825	1,5878	1,5910	1,5927	1,5957	1,5977	1,6021	1,6002
n_p.	1,5761	1,5811	1,5841	1,5859	1,5875	1,5894	1,5953	1,5921
Densité. . . .	2,73	2,722	2,743	2,770	2,805	2,80	2,910	2,88

MM. Duparc, Wunder et Sabot ont publié [10] les indices suivants ; les densités qui y sont jointes ont été prises non pas sur les échantillons mesurés, mais d'ordinaire sur des lots de cristaux ; ces béryls sont toujours un peu biaxes ($2E = 0$ à $10°$).

a) Tsaravovonana ; *b*) Tetehina (aigue marine) ; *c*) Tsilaizina (rose) ; *d*) Ambatolampy (aigue marine) ; *e*) Tongafeno ; *f*) Antaboaka (bleu) ; *g*) Maharitra (rose).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*
n_g.	1,5782	1,5818	1,5822	1,5834	1,5856	1,5899	1,6002
n_p.	1,5725	1,5756	1,5760	1,5774	1,5791	1,5831	1,5921
Densité. . . .	2,7027	2,7116	2,7165	2,7186	2,7379	2,7477	2,8808

Puisqu'il y a liaison intime entre la densité, les indices de réfraction et la composition chimique des béryls, on peut prendre l'une quelconque de ces propriétés pour démontrer la continuité de la série. J'ai choisi la densité [59] dont la mesure est rapide ; voici les nombres mesurés avec le concours de M. Gaubert sur

décéler le spectre du gallium ; dans celui d'Ampangabe, il a reconnu l'yttrium, le scandium et le lanthane.

Seuls parmi les béryls de Madagascar, les types roses deviennent phosphorescents sous l'influence des rayons cathodiques.

Le béryl rose de Madagascar a été décrit en 1886 par Damour [6] qui l'a indiqué comme provenant de Farafatrana (sans doute Farafangana, port d'embarquement et non gisement réel). Damour a donné l'analyse suivante :

OiS^2.	66,56
Al^2O^3.	18,66
FeO.	0,09
MnO.	0,21
GlO.	12,47
CaO.	0,06
P. f.	2,30
	100,35

Les alcalis n'ont pas été recherchés. J'ai publié en 1896 les indices de réfraction d'un petit fragment de ce béryl que m'avait donné Damour. C'est le premier béryl malgache qui ait été étudié.

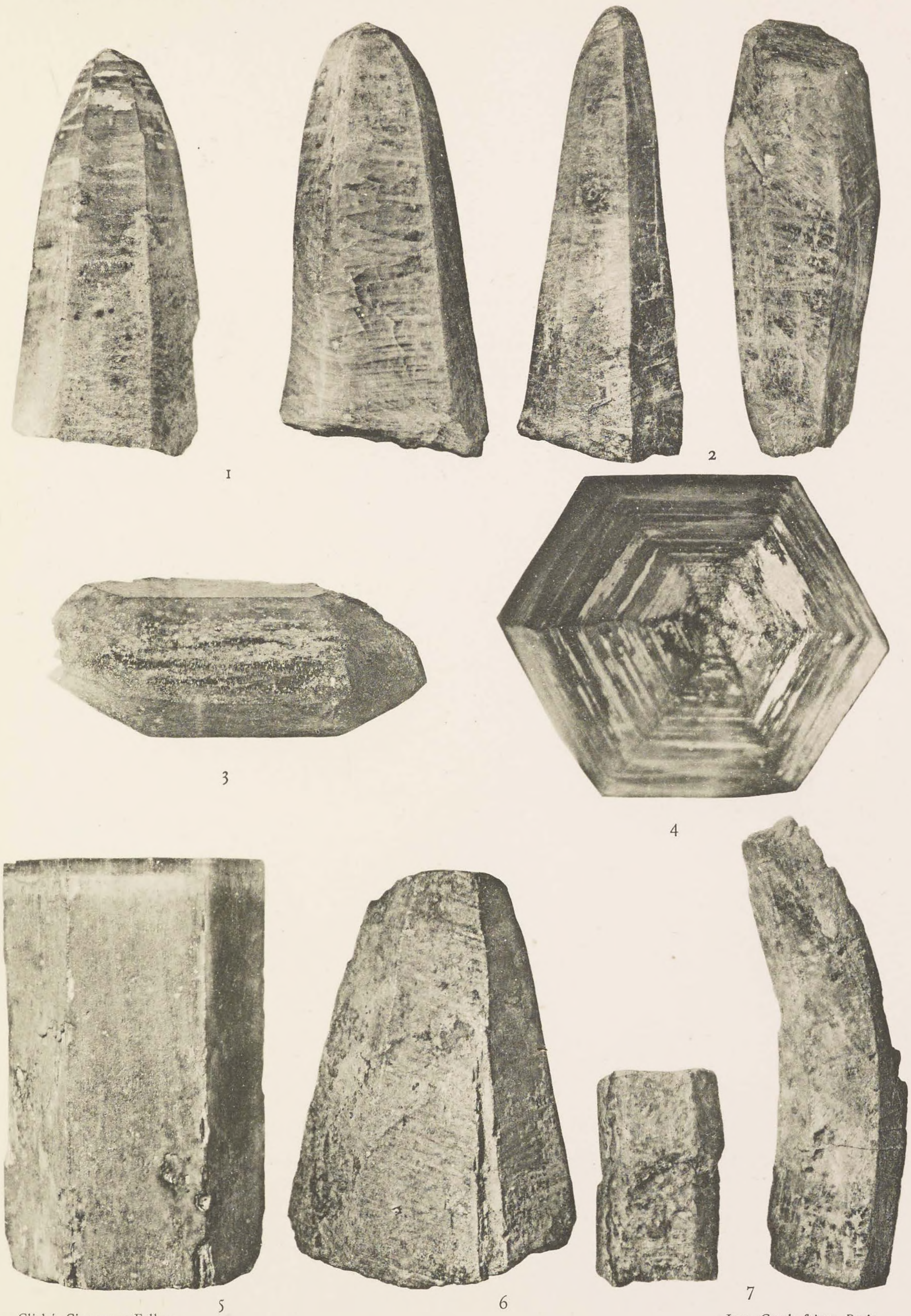
M. Geo. F. Kunz a proposé (*Amer. J. of Science*, t. 31, 1911, p. 81) de désigner le béryl rose de Madagascar sous le nom de *morganite*, en ne tenant compte que de la couleur et non point des autres propriétés physiques et chimiques.

des échantillons transparents aussi exempts que possible d'inclusions et de bulles[1].

Le signe * indique les béryls provenant des pegmatites sodo-lithiques, + désigne les nombres dus à MM. Duparc, Wunder et Sabot[1].

Gisement	Densité	Couleur
Tsaravovonana.	+ 2,7027	Rose.
Ankazobe (région d').	2,705	Bleu, vert pâle.
Sahanivotry.	2,709 à 2,712	Jaune, vert.
Ampangabe.	2,709 à 2,720	Bleu, vert.
Tetehina.	+ 2,7116	Bleu.
*Tsilaizina.	+ 2,7165	Rose.
*Tsilaizina.	2,710 à 2,729	Rose.
Ifempina.	2,710 à 2,716	Jaunâtre.
Sahatorendrika.	2,712	Bleu, vert.
Maseza.	2,713	Vert, jaune.
Jaiky.	2,715	Vert.
Ikalamavony.	2,715	Bleu foncé.
Fefena.	2,717	Bleu foncé.
Tongafeno.	2,717	Vert.
Ampangabe.	2,718	Jaune.
Sahanivotry.	2,718	Bleu.
Andranomifafa.	2,718 à 2,737	Bleu.
Ambatolampy.	+ 2,7186 (moy.)	Bleu.
Ampangabe.	2,719	Vert pâle.
Sahanivotry.	2,719	Vert.
*Vohimasina.	2,720	Vert.
*Vohidahy.	2,720 à 2,784	Rose.
Ampangabe.	2,721	Rose.
Tongafeno.	2,722 à 2,770	Bleu foncé[2].
	2,725	Vert émeraude[3].
	+ 2,7379	Bleu foncé.
Ampangabe.	2,731	Rose.
Ifasina.	2,732	Bleu.
*Antaboaka.	2,738	Bleu foncé.
*Antsongombato.	2,738	Vert pâle.
*Maharitra.	2,742	Vert.
*Vohimasina.	2,745 à 2,758	Rose clair.
*Ihosy.	2,746	Vert pâle.
*Antaboaka.	+ 2,7477 (moy.)	Bleu foncé.
*Antandrokomby.	2,752 à 2,800	Rosé violacé.
*Antaboaka.	2,765	Bleu foncé.
Tongafeno.	2,770 à 2,775	Vert jaune.
*Anjanabonoina.	2,772 à 2,881	Incolore à rose vif.
*Marirano.	2,782	Rose.
*Vohimasina.	2,800 à 2,806	Vert pâle.
*Antaboaka.	2,808 à 2,812	Rosé.
*Maharitra.	2,775 à 2,910	Rose.
*Ankitsikitsika.	+ 2,8474	Bleu verdâtre.
*Maharitra.	+ 2,8808	Rose.
*Anjanabonoina.	2,881	Rose vif.
*Maharitra.	2,910	Rose.

1. Pour la situation de ces gisements, voir dans le chapitre Pegmatites.
2. Le béryl de Tongafeno possède un polychroïsme exceptionnellement intense avec maximum suivant n_p.
3. Cette couleur vert émeraude n'a été observée que dans le gisement de Tongafeno (cristaux zonés, verts et bleus).



Clichés Cintract et Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Béryl normal : Tongafeno (fig. 1, 2, 4, 6) ; Sahanivotry (fig. 5) ; Sahatorendrika (fig. 7).
Béryl césifère ; Maharitra (fig. 3).

De l'examen de ces nombres, je crois pouvoir tirer les conclusions suivantes :

1° Les béryls constituent bien une série continue : aucun caractère ne permet d'y établir une coupure légitime, nécessaire : c'est là d'ailleurs un cas identique à celui qui caractérise le groupe des tourmalines lithiques de Madagascar.

2° Dans une même localité, l'amplitude des variations est plus ou moins grande; elle reste quelquefois confinée dans des limites assez étroites, mais dans d'autres cas elle s'étend fort loin.

Ampangabe : 2,709; 2,714; 2,718; 2,719; 2,731.

Tongafeno : 2,717; 2,722; 2,743; 2,756; 2,770.

Anjanabonoina : 2,772; 2,812; 2,856; 2,881.

Maharitra : 2,817; 2,852; 2,865: 2,910.

Le béryl de Vohimasina, dont il est question plus loin, fournit des cristaux appartenant presque aux deux extrémités de la série.

De ce qu'en regard du nom de certains des gisements de la liste ci-dessus, il n'existe qu'une valeur, cela ne signifie pas que la composition des béryls qui en proviennent est constante, cela tient souvent à ce qu'il n'en a été mesuré qu'un seul échantillon.

3° Les variations s'observent donc dans les cristaux divers d'une même localité, mais on peut les rencontrer aussi dans un seul et même cristal; c'est ainsi par exemple qu'il existe des cristaux présentant des portions roses ou vertes dont les densités sont différentes :

Ampangabe : partie vert pâle 2,709 à 2,714; partie rose 2,721.

Vohimasina : partie verte 2,720; partie rose 2,745; dans un autre cristal, les valeurs sont différentes et en outre leur ordre est renversé : partie verte 2,800 à 2,806, partie rose 2,748 à 2,758.

Maharitra : partie verte 2,742, partie rose 2,775.

4° La couleur n'est pas liée nécessairement à une composition déterminée, ce qui s'explique d'ailleurs par ce fait que le pigment coloré existe en quantité presque impondérable. On vient de voir par l'exemple de Vohimasina que, suivant les échantillons, ce sont les parties vertes ou les parties roses qui sont les plus denses.

Cependant, il n'est pas douteux que dans les gisements actuellement connus à Madagascar, les couleurs bleues et vertes (aigue-marine) prédominent dans les variétés légères et que l'inverse a lieu pour les plus lourdes; je n'ai personnellement observé qu'un seul échantillon de béryl de densité supérieure à 2,775, qui soit d'une couleur autre que le rose.

5° En ce qui concerne le gisement, les types les plus lourds (densité supérieure à 2,775) n'ont été trouvés jusqu'à présent que dans les pegmatites sodo-lithiques, ce qui se comprend d'ailleurs, puisque ce qui caractérise ces béryls c'est leur

richesse en lithium, rubidium et césium et que ces métaux alcalins se rencontrent dans beaucoup des minéraux qui accompagnent ces béryls, alors que les pegmatites à muscovite ne contiennent pas de minéraux très lithiques; mais ces pegmatites sodo-lithiques peuvent renfermer aussi toutes les autres variétés de béryl (Vohimasina) ou même uniquement des béryls légers (Tsilaizina, Antsongombato).

Quant aux pegmatites à muscovite, elles constituent le gisement principal des béryls légers, mais l'exemple de Tongafeno montre qu'il peut s'y rencontrer aussi des termes intermédiaires.

6° Reste maintenant à étudier la forme des béryls. Ce minéral est toujours cristallisé; dans les gisements malgaches, ses cristaux se rapportent à trois types.

Type I. — Le premier est caractérisé par un grand allongement suivant l'axe vertical (Pl. 26, fig. 2); il n'existe que dans les béryls de faible densité; je l'ai observé jusqu'à la densité de 2,775 (Tongafeno); la forme la plus commune est le prisme hexagonal basé p (0001), m $(10\bar{1}0)$, parfois accompagné de h^1 $(11\bar{2}0)$ (Sahatorendrika), de h^2 $(21\bar{3}0)$ (environs de Soavinandriana). Moins fréquentes sont les pyramides a^1 $(11\bar{2}1)$ et b^1 $(10\bar{1}1)$ (flanc Ouest du mont Bity à 1 heure de marche de Maharitra), seules ou associées. J'ai observé aussi les combinaisons $p, m, a^1, b^1, b^{1/2}$ (fig. 423) (Ouest de Midongy); et $p, m, h^2, a^{1/3}$ $(33\bar{6}1)$ (Madiomby) (fig. 421). Très exceptionnelle est la forme réalisée par quelques gros cristaux de Tsarasaotra, dans lesquels p est très réduit, alors que a^1 prédomine dans le pointement (fig. 422).

Les cristaux présentent fréquemment des anomalies dans le développement de leurs faces; les petits individus ont parfois quatre faces du prisme hexagonal plus développées que les deux autres (parallèles entre elles), ce qui leur donne l'apparence d'un prisme orthorhombique. Les cristaux d'Ampangabe sont parfois terminés par une seule face $b^{1/2}$ ou a^2 (1122) (fig. 420).

Dans certains gisements dont les roches ont été déformées par des actions mécaniques, les prismes de béryl sont parfois tordus, ou bien brisés et ressoudés par du quartz (Pl. 24, fig. 7, Sahatorendrika).

Les cristaux du premier type atteignent d'énormes dimensions; j'ai rapporté d'Ampangabe au Muséum un cristal mesurant $0^m,90$ suivant l'axe vertical. M. Florens m'en a signalé à Berere (Nord-Est de Maevatanana) n'ayant pas moins de 3 mètres $\times$ $0^m,60$; on en trouve de fort gros dans la région d'Ankazobe.

A Tongafeno, certains cristaux, au lieu d'être prismatiques, sont constitués par une pyramide hexagonale aiguë (Pl. 24, fig. 2 et 6) dont l'angle est variable et paraît appartenir à des formes oscillant entre $b^{2/39}$ $(39.0.\bar{39}.2)$ et $b^{1/5}$ $(50\bar{5}1)$.

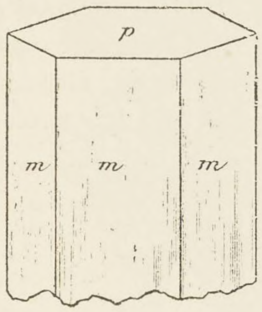


Fig. 413.

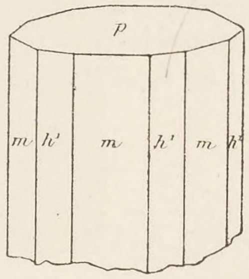


Fig. 414.

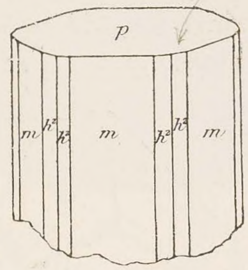


Fig. 415.

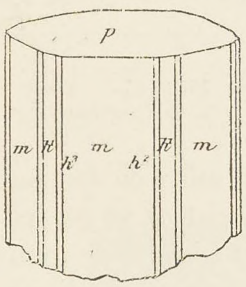


Fig. 416.

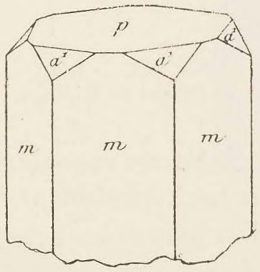


Fig. 417.

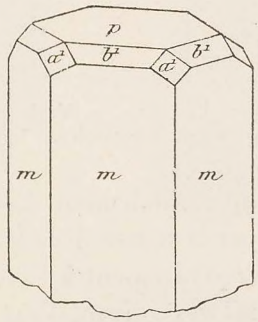


Fig. 418.

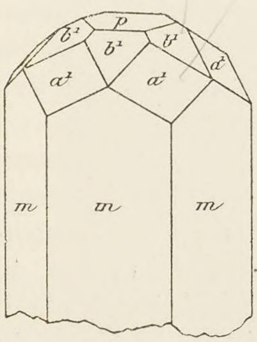


Fig. 419.

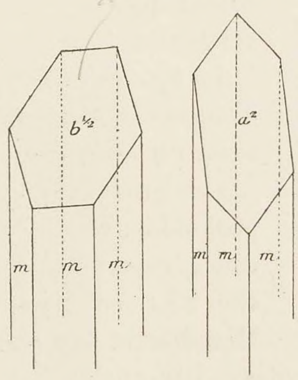


Fig. 420.

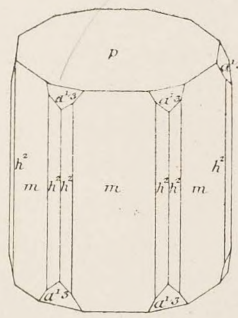


Fig. 421.

Fig. 413 à 421. — Béryl, type I. Formes communes (fig. 413 à 417); formes moins fréquentes (fig. 418 et 419); Madiomby (fig. 421); Ampangabe (fig. 420), cristaux à développement anormal.

($b^{2/39}\,b^{2/39} = 10°,10'$; $b^{1/5}\,b^{1/5} = 38°18'$) ; d'ordinaire ces cristaux se trouvent à l'état brisé. La figure 1 de la planche 24 représente des cristaux analogues, mais dans lesquels se voient des pyramides assez distinctes, échelonnées entre $b^{1/8}$ ($80\bar{8}1$) et b^1 ($10\bar{1}1$) (fig. 424) ; les faces de cette dernière forme sont très striées

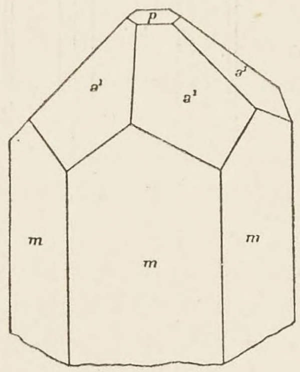


Fig. 422. — Béryl de Tsarasaotra.

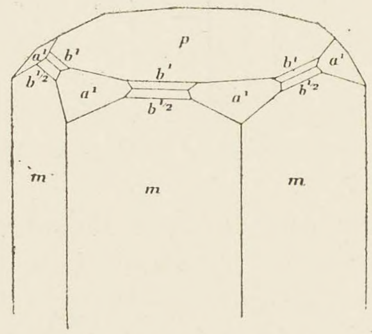


Fig. 423. — Béryl de l'Ouest de Midongy.

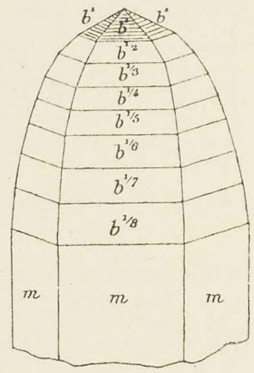


Fig. 424. — Béryl de Tongafeno.

horizontalement. Ces stries ou plutôt ces cannelures sont bien mises en évidence par la figure 4 de la même planche, représentant l'un de ces cristaux vu perpendiculairement à l'axe sénaire. Les pyramides brisées mesurent souvent 20 centimètres suivant l'axe vertical. Les cristaux de ce premier type sont d'ordinaire engagés dans la pegmatite et leurs faces, pour être nettes, sont rarement éclatantes.

J'ai vu des cristaux de Tongafeno, de Sahanivotry, de la région de Soavinandriana qui, au contraire, ont des faces p et m très éclatantes et proviennent probablement de cryptes.

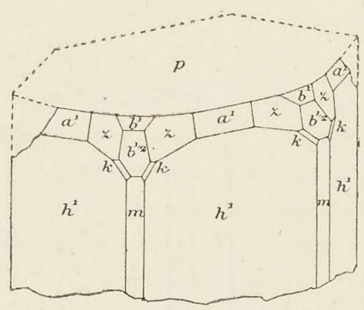


Fig. 425. — Béryl d'Andranomiely.

La fig. 5 de la planche 24 montre un cristal de Tongafeno translucide ou opaque dont la base seule est transparente et brillante.

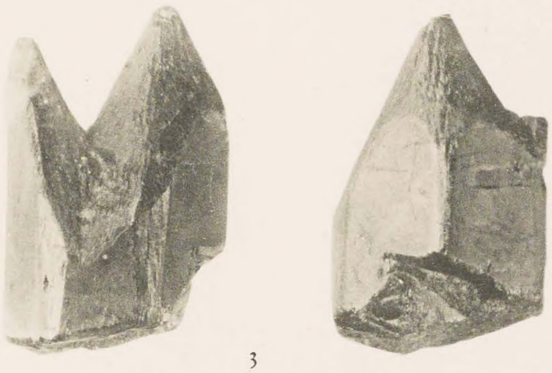
Ces cristaux présentent parfois des corrosions profondes ; elles peuvent être irrégulières, comme celles représentées par la figure 1 de la planche 25 ; ce cristal, provenant de l'Ouest de Miandrarivo, est transparent, homogène et réduit à un chicot à formes tourmentées. Par analogie avec des cristaux analogues du Limousin, je pense qu'il s'agit là d'un reste de cristal ayant échappé à la décomposition kaolinique qui a rongé une partie de sa masse. De même, j'ai vu des cristaux d'aiguemarine de Jaiky, superficiellement corrodés, comme s'ils avaient été trempés dans l'acide fluorhydrique.



1



2



3



4



5

Clichés Cintract et Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Béryl normal, corrodé ; région de Miandrarivo (fig. 1) ; Sahanivotry (fig. 3, 4, 5). — *Béryl césifère ;* Maharitra (fig. 2).

A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

Les figures 3, 4 et 5 de la planche 25 représentent un type de corrosion différent qui est extrêmement fréquent dans les gros cristaux de Sahanivotry ; une de leurs extrémités, au lieu d'être constituée par une base continue, est formée par un ou plusieurs cônes réguliers, sortes de dents, exceptionnellement limités par les plans de pyramides hexagonales aiguës. Tantôt ces édifices coniques ont une pointe nette, tantôt ils sont terminés par une base que l'on peut voir miroiter sur tout le sommet du cristal ; il s'agit probablement là d'une corrosion d'origine magmatique, car fort souvent ces formes bizarres supportent des lamelles hexagonales de muscovite (Pl. 25, fig. 4).

De gros cristaux analogues, verts et fortement translucides ont été rencontrés récemment à Andranomiely (Nord d'Ankazobe). J'ai pu détacher de l'un d'eux des fragments pourvus de facettes. La base est associée à a^1, a^1, $b^{1/2}$, $z = (b^{1/2} b^{1/4} h^{1/3})$ $(42\bar{6}3)$ et $k = (b^{1/2} b^{1/4} h^1)$ $(42\bar{6}1)$. Le développement des pyramides varie suivant que c'est h^1 (fig. 425) ou m qui est le prisme dominant. J'ai obtenu sur un petit cristal une série d'images presque continues entre $b^{1/5}$ $(50\bar{5}1)$ et $b^{2/15}$ $(15.0.\overline{15}.2)$ [$mb^{1/5} = 160°51'$; $mb^{2/15}$ 157°58']. En faisant miroiter devant une lumière l'extrémité de ces cristaux, on distingue fréquemment un grand nombre de plans p (0001) distribués à des niveaux différents. Dans la zone verticale, les arêtes prismatiques sont généralement arrondies et ne fournissent aucune mesure précise. M. Ungemach a observé [106] sur des cristaux analogues, de petites facettes a^2 $(11\bar{2}1)$, a^1, $a^{5/6}$ $(33\bar{6}5)$, $b^{5/4}$ $(40\bar{4}5)$, b^1 $(10\bar{1}1)$, $b^{1/2}$ $(20\bar{2}1)$, plus ou moins courbes.

C'est probablement aussi à un début de corrosion qu'est due une structure fréquente sur les cristaux de Tongafeno et de Sahanivotry ; leur centre est limpide et homogène, leur périphérie plus ou moins fibreuse et à aspect pierreux, par suite de l'existence de cavités vides, très allongées parallèlement à l'axe vertical. L'aspect soyeux qu'ont assez fréquemment les béryls de la région d'Ankazobe (environs de Miakanjovato, etc) est dû à une semblable particularité de structure.

Comme particularité physique à signaler dans ce type de béryl, j'appelle l'attention sur la facilité du clivage basique[1] de certains fragments de cristaux recueillis dans les alluvions d'Ifempina. L'aigue-marine de la région d'Ankazobe n'a pas de clivage distinct, mais elle est parfois fissurée et par l'égrisage, il s'en détache des fragments parallèles à l'axe vertical.

Type II. — Dans le second type des cristaux de béryl, le prisme hexagonal basé est généralement seul et exceptionnellement accompagné de facettes a^1 ; l'allongement suivant c est faible ou bien n'existe pas (fig. 14), je ne l'ai vu que dans

1. D'une façon générale, le clivage du béryl est accentué par un chauffage au rouge naissant.

les béryls roses légers (Tsilaizina) et dans quelques cristaux pierreux d'Ampangabe (9 centimètres suivant c et $2^{cm},5$ suivant un axe binaire). Le béryl lourd se présente aussi à Antandrokomby (Pl. 26, fig. 1) avec cette forme, mais comme le prisme hexagonal existe seul, je ne sais s'il est constitué par m ou par h^1. La figure 427 représente un joli cristal de béryl translucide d'un rose pâle (densité 2,762) présentant la pyramide $k = (b^{1/2} b^{1/4} h^1)$ $(42\bar{6}1)$ et mesurant 2 centimètres suivant un axe binaire; il est implanté, avec tourmaline noire, sur de gros cristaux crétés d'albite, associés à des cristaux de quartz. Cet échantillon provient d'une druse de pegmatite potassique; il m'a été donné à Antsirabe comme ayant été trouvé au Sud de la Mania, dans la région d'Antandrokomby.

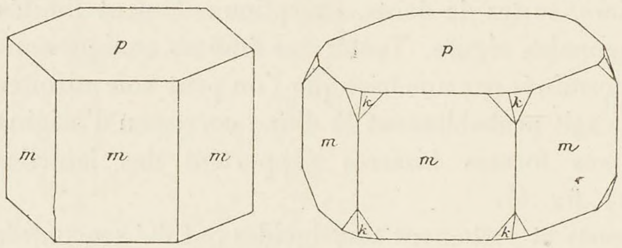


Fig. 426 et 427. — Béryl. Type II. Région d'Antandrokomby.

Type III. — Le troisième type de cristaux est spécial au béryl rose le plus lourd, riche en alcalis de l'extrémité de la série chimique indiquée plus haut; il est comparable à celui du béryl césifère de l'Oural, que M. W. J. Vernadsky a appelé[1] *worobyewite*. Je ne l'ai rencontré qu'à Anjanabonoina et à Maharitra; il est caractérisé par un aplatissement notable ou extrêmement grand suivant p.

Les cristaux incolores ou roses d'Anjanabonoina présentent le plus souvent les combinaisons p, a^1 (dominant), b^1 (fig. 428), avec parfois en outre $a^{4/3}$ $(33\bar{6}4)$ ou bien p, a^1, a^2, b^1, m (fig. 429); p, a^2, m (fig. 430); p, $a^{1/2}$ $(22\bar{4}1)$ (forme nouvelle pour le béryl), $b^{1/3}$ $(30\bar{3}1)$ (fig. 431); plus rarement enfin, les cristaux sont prismatiques, avec h^1, accompagné de p, a^1, $a^{4/3}$ (fig. 432). Ces données cristallographiques résultent de l'examen d'un grand nombre de fragments à faces ternes de plusieurs centimètres de plus grande dimension; je n'ai vu aucun cristal entier. Ces débris sont recueillis dans la terre rouge, libres ou englobés dans du quartz, ils forment un élément de la pegmatite et non un produit des cryptes.

Souvent les cristaux de Maharitra ne possèdent pas de faces prismatiques[2]; les formes dominantes sont p et a^1 (Pl. 24, fig. 3, Pl. 25, fig. 2), avec (fig. 433) ou sans $a^{4/3}$ et a_3 $(31\bar{4}3)$; plus rarement il existe des faces m, b^1, a_2 $(21\bar{3}1)$ (fig. 428, 433 à 436). Les cristaux de ce genre, incolores, ou d'un rose plus

1. *Trav. Mus. Géol. Acad. St-Pétersbourg*, t. II, 1908, p. 81.

2. La comparaison des figures 5 et 3 de la planche 24, 2 et 1 de la planche 26 permet de saisir les différences de facies que présentent le béryl normal et le béryl césifère.

ou moins foncé, sont parfois extrêmement nets et brillants, quand ils n'ont que 2 ou 3 centimètres, mais ils peuvent atteindre près de 2 décimètres et alors ils sont corrodés d'une façon irrégulière ; certains d'entre eux sont réduits à une véritable dentelle. J'ai observé sur leur base de profondes figures de corrosion

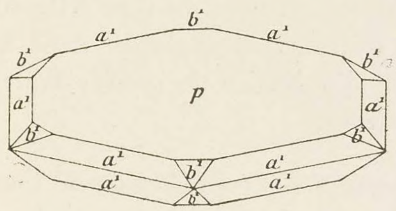


Fig. 428.

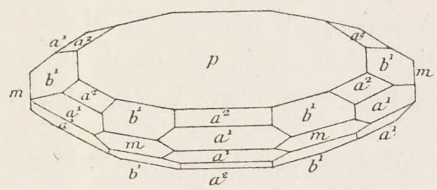


Fig. 429.

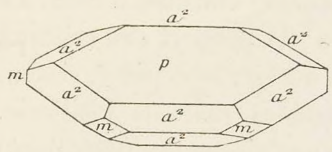


Fig. 430.

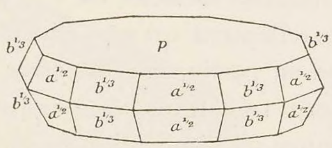


Fig. 431.

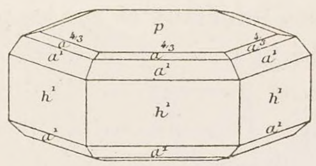


Fig. 432.

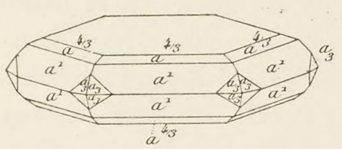


Fig. 433.

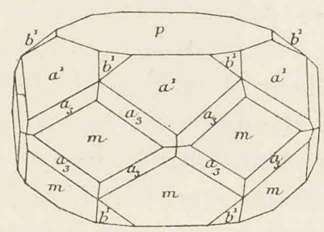


Fig. 434.

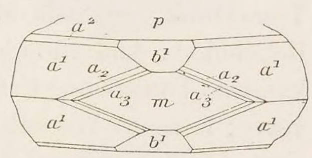


Fig. 435.

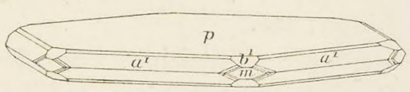


Fig. 436.

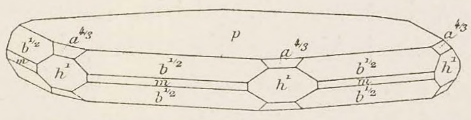


Fig. 437.

Fig. 428 à 437. — Béryl césifère (Type III).
Anjanabonoina (fig. 428 à 432) ; Maharitra (fig. 433 à 436) ; Ankitsikitsika (fig. 437).

en forme de pyramides hexagonales creuses, dont les côtés sont parallèles aux arêtes pb^1. Enfin, sur la base d'un cristal, j'ai vu des stries parallèles à trois faces seulement qui simulent une symétrie rhomboédrique.

Il faut noter enfin la combinaison p, m, $b^{1/2}$ $(20\bar{2}1)$, avec de petites facettes h^1 et $a^{4/3}$, que MM. Duparc, Wunder et Sabot ont signalée [10] dans un cristal bleu

verdâtre d'Ankitsikitsika (fig. 437); ces savants l'ont décrite comme provenant de Maharitra, mais la personne qui l'a recueillie m'a indiqué sa véritable provenance. Je n'ai pas rencontré moi-même de cristaux présentant ce mode de développement.

A l'inverse de ce qui a lieu pour les cristaux des types I et II, que l'on trouve presque toujours comme éléments de la pegmatite, les cristaux du type III sont généralement drusiques à Maharitra ; quand ils se trouvent englobés dans le microcline ou le quartz de la pegmatite, ils sont d'ordinaire de grande taille, opaques, d'un blanc laiteux et marbrés de rose carmin.

On trouvera dans le tome II au chapitre des *pegmatites* l'énumération de tous les gisements actuellement connus dans lesquels les béryls ont été rencontrés et dans le chapitre des *gemmes*, des renseignements sur les couleurs que présentent ces minéraux et sur les principales localités où l'on a observé chacune d'elles. Le béryl transparent n'est naturellement qu'une exception; la plupart des cristaux sont pierreux, en totalité ou en partie, et c'est dans ce dernier cas, par égrisage, que l'on obtient les portions très transparentes utilisables pour la joaillerie.

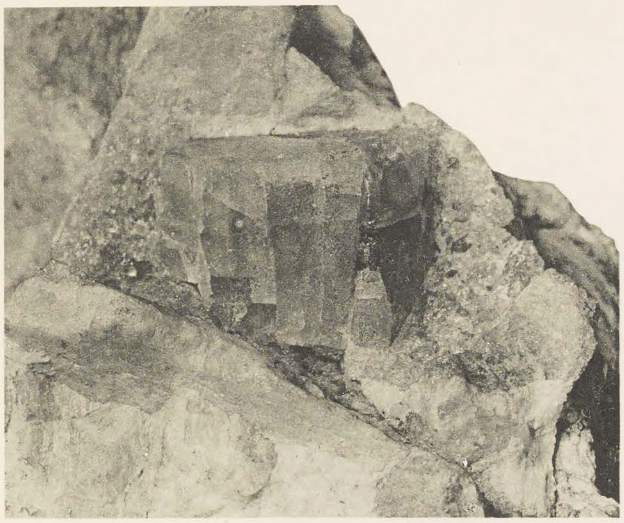
Je me contenterai de donner ici l'indication de quelques gisements fournissant des cristaux particulièrement beaux au point de vue cristallographique.

Pegmatites potassiques. — Région d'Ankazobe : Madiomby ; Ambatoharano (gros cristaux translucides d'un vert de mer trouble de 21 centimètres $\times$ 17); Tsarasaotra; entre la Marolavo et la Mananta (affluent de droite de la haute Betsiboka) ; Andranomiely. Mandridrano : Ampangabe et ses environs. Vakinankaratra : Tongafeno ; Fefena ; Ambatolampy dans la vallée de la Sahatany ; Sahanivotry ; le mont Vorondolo (énormes cristaux pierreux) ; Berere, etc. Ces cristaux sont plus souvent englobés dans le quartz (rose ou blanc) que dans le microcline.

Des aigues-marines ou des cristaux verts drusiques, entièrement limpides, et rappelant ceux de Sibérie, se trouvent à Jaiky, dans la région de Fefena ; à l'Ouest de Midongy ; dans la région de Soavinandriana ; etc.

Pegmatites sodo-lithiques. — Pour le béryl rose léger : Tsilaizina. Pour les béryls denses : Maharitra (magnifiques cristaux rosés) et Ampantsikahitra ; Ankitsikitsika (cristaux roses et exceptionnellement verdâtres) ; Anjanabonoina (gros cristaux de plusieurs centimètres, toujours brisés, fort rarement associés à de petits cristaux de tourmaline verte).

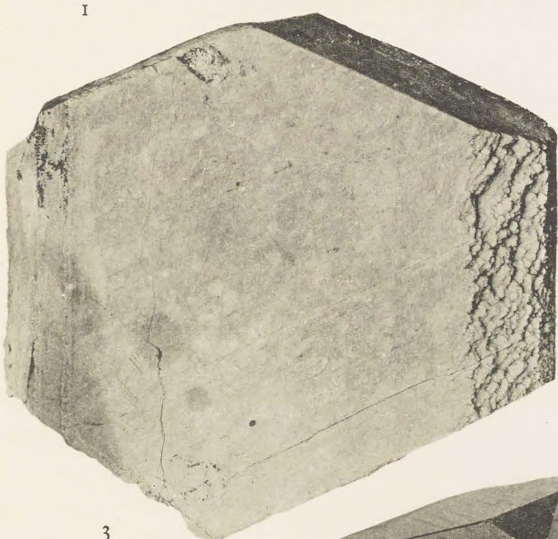
Le béryl est facilement décomposable par kaolinisation ; aussi disparaît-il aux affleurements, laissant dans le quartz des cavités tubulaires à section hexagonale (route d'Antsirabe à Betafo, etc.) A Ambatofotsy, des cavités de ce genre sont fréquentes au milieu d'agrégats de gros octaèdres de betafite (Pl. 16, fig. 5) ; on voit incrustés dans la betafite, qui limite ces cavités hexagonales, des cristaux de malacon.



1



2



3



4



5



6

Clichés Cintract et Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Béryl césifère ; Antandrokomby (fig. 1). — ***Béryl normal*** ; Ampangabe (fig. 2). — ***Microcline et Albite ;*** Antandrokomby (fig. 3). — Microcline et quartz ; Maharitra (fig. 5). — *Albite ;* Volonandrongo (fig. 4). Sphène (macle h^1) ; Midongy (fig. 6).

V. POLYSILICATES

GROUPE DES FELDSPATHS

ORTHOSE

Si^3O^8AlK.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0{,}65865 : 1 : 0{,}55593$; $zx = 63°53'$; $mm = 118°48'$.

Macle de Carlsbad [*c* pour axe de rotation, avec accolement suivant g^1 ou pénétration de deux individus] ; macle de Baveno [suivant $e^{1/2}$ (011)] ; macle de Four-la-Brouque [suivant *p* (001)].

Clivages : parfaits suivant *p*, moins faciles suivant g^1 (010) ; parfois plans de séparation suivant *m* (110), h^1 (100), $a^{1/7}$ ($\bar{7}01$) ou $a^{1/8}$ ($\bar{8}01$).

Groupements réguliers avec albite ou orthose sodique (*perthite* et *microperthite*).

Parfois très fendillée (*sanidine*).

Dureté. 6. *Densité.* 2,55 à 2,58.

Propriétés optiques. Incolore ou blanc gris, rarement (Itrongay) jaune clair à jaune d'or foncé. Par altération, prend des colorations variées : rose chair, rouge, brun, vert. Transparente (*adulaire*) à opaque. Eclat vitreux, nacré suivant *p* ; quelquefois opalescente par suite de l'existence de plans de séparation suivant des orthodômes.

Optiquement négative ; le plan des axes optiques est perpendiculaire à g^1, sa trace (n_p) fait dans $g^1 + 5°$ avec *p* ; cet angle augmente avec la teneur en soude.

Dans l'*orthose déformée*, le plan des axes optiques est parallèle à g^1. $n_g = 1{,}5260$; $n_m = 1{,}5237$; $n_p = 1{,}5190$; ces valeurs augmentent avec la teneur en soude : $2V = 0$ à $70°$.

Propriétés chimiques. La composition théorique est : SiO^2 64,7 ; Al^2O^3 18,4 ; K^2O 16,9 ; il existe toujours une quantité plus ou moins grande de soude remplaçant de la potasse : l'orthose jaune malgache contient un peu de Fe^2O^3 remplaçant Al^2O^3.

Fond au chalumeau en un émail blanc, d'autant plus facilement que la teneur en soude est plus élevée.

Inattaquable par les acides, sauf HF,

Diagnostic. L'angle de 90° fait par les deux clivages et les propriétés optiques de ceux-ci sont caractéristiques de l'orthose. Ce feldspath est celui dont l'angle des axes optiques peut être le plus petit : certaines variétés (orthose jaune d'Itrongay et sanidine) sont presque uniaxes.

GISEMENTS

L'orthose est un élément essentiel de certains granites et pegmatites, de certaines syénites, des trachytes, rhyolites, etc. et aussi d'un grand nombre de roches gneissiques. Elle mérite d'être étudiée particulièrement dans quelques gisements spéciaux.

Roches éruptives.

Pegmatites. — C'est un trait intéressant de la minéralogie de Madagascar que la plus grande partie de ses pegmatites et notamment ses pegmatites gemmifères soient à peu près dépourvues d'orthose[1] et ne renferment guère que du microcline en fait de feldspath potassique. Par contre, dans les pegmatites à biotite et à pyroxène dépourvues de muscovite, le feldspath potassique est l'orthose. Un des plus beaux exemples à citer est celui des falaises de Vangaindrano, où des plages d'orthose d'un blanc bleuté translucide atteignent 10 centimètres de plus grande dimension.

Dans ces roches, comme aussi dans les granites à hypersthène et biotite et dans les pegmatites calco-alcalines, l'orthose présente très souvent des inclusions fusiformes, extrêmement petites, serrées les unes contre les autres et constituant une partie importante du cristal (Cf. Tome II, Chapitre de Lithologie, les photographies de ces feldspaths). Ces petits fuseaux sont plus réfringents que l'orthose ; l'analyse ci-contre d'un de ces feldspaths (pegmatite à biotite de la Satrapotsy, affluent de l'Ihosy) indique qu'il s'agit là d'un feldspath sodique, probablement de l'albite. C'est donc une sorte de microperthite, mais d'un type tout à fait spécial :

J'ai décrit [64] un gisement particulièrement remarquable situé à Itrongay.

SiO^2	65,81
Al^2O^3	18,80
K^2O	7,35
Na^2O	6,70
CaO	0,78
MgO	0,61
P. f.	0,50
	100,55
Densité	2,595

1. Comme exception, je citerai la pegmatite à microcline d'Andreba (Est du lac Alaotra) qui renferme des cristaux drusiques d'orthose blanche (g^1, m, p, a^1, $a^{1/2}$) présentant de très faciles plans de séparation qui leur donnent l'aspect de la *pierre de lune* ; ils donnent ainsi des lamelles minces sensiblement perpendiculaires à la bissectrice aiguë. J'ai observé aussi de grands clivages d'orthose provenant de la pegmatite de Tsimilofo (lit de la Mariviny (Androy)].

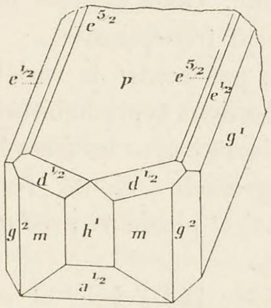


Fig. 438.

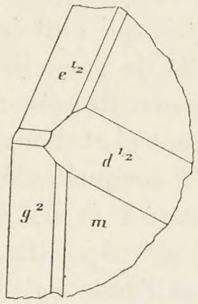


Fig. 439.

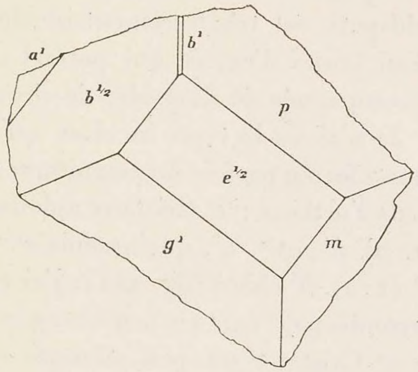


Fig. 440.

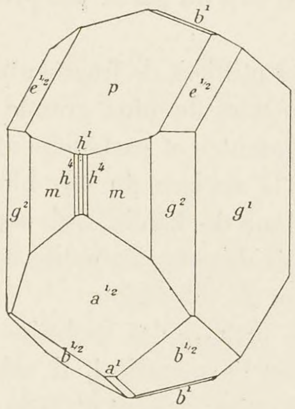


Fig. 441.

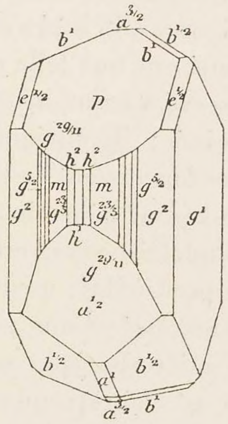


Fig. 442.

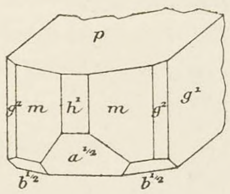


Fig. 443.

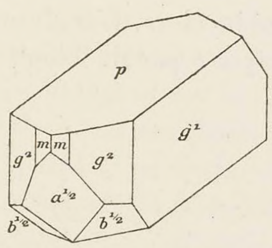


Fig. 444.

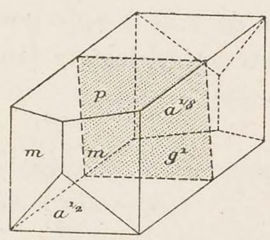


Fig. 445.

Fig. 438 à 445. — Orthose ferrifère d'Itrongay.

Une pegmatite renferme de l'orthose parfaitement limpide comme l'adulaire; ce feldspath est très rarement incolore, le plus généralement jaune et parfois d'un beau jaune d'or, ce qui permet de l'utiliser comme gemme. Cette orthose est accompagnée de diopside, de zircon, etc., qui sont également transparents.

Je n'ai vu le type incolore qu'à l'état de gros clivages; par contre la variété jaune forme parfois de magnifiques cristaux. Ils présentent les deux types habituels dans l'orthose : 1° Cristaux aplatis suivant g^1 et allongés suivant c avec les faces p, m, g^2, h^1, $a^{1/2}$, a^1, quelquefois $e^{1/2}$, $b^{1/2}$, auxquelles M. Ungemach a ajouté [106] b^1 $(1\bar{1}2)$, h^4 (530) (fig. 441); j'ai rencontré h^1 (100), h^2 (310) et plusieurs prismes arrondis $g^{23/5}$ (9.14.0), $g^{29/11}$ (9.20.0), $g^{5/2}$ (370) (fig. 442).

2° Cristaux un peu allongés suivant l'arête pg^1 (fig. 438, 443 à 445) et un peu aplatis suivant p ou suivant g^1.

Assez fréquemment les cristaux de l'un ou l'autre type ont certaines de leurs arêtes arrondies par corrosion; les faces $d^{1/2}$ (111), b^1 $(1\bar{1}2)$, $e^{5/2}$ (025) représentées sur les figures 438 à 442 et sans doute aussi tout ou partie des prismes à symbole compliqué ont une telle origine.

Je n'ai observé aucune macle parmi plusieurs milliers de fragments de cristaux que j'ai examinés; ils atteignent 2 à 5 centimètres de plus grande dimension. Leurs clivages fournissent de larges surfaces éclatantes et parfaitement planes.

Ces cristaux sont généralement recueillis à la surface du sol, libres de toute gangue, quelquefois recouverts d'un enduit blanc de kaolin qui explique leurs corrosions superficielles; quand ils sont engagés dans la pegmatite originelle, ils sont souvent entourés d'une pellicule d'opale ou de calcédoine.

L'examen microscopique montre dans cette orthose des inclusions liquides à bulle mobile, géométriquement orientées suivant l'axe vertical. Il existe quelquefois un aspect opalescent dû à des plans de séparation suivant $a^{1/8}$ $(\bar{8}01)$ (fig. 445), ne s'observant qu'à la surface des cristaux.

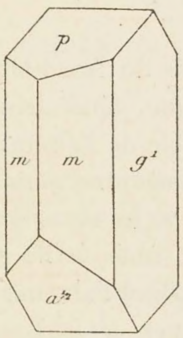
Suivant la couleur, la densité oscille entre 2,565 et 2,580 pour la variété jaune et de 2,58 à 2,60 pour la variété incolore. L'analyse a a été faite par M. Boiteau sur un cristal très jaune et l'analyse b par M. Raoult sur la variété incolore.

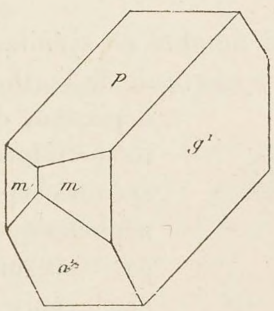
	a	b
SiO^2	64,19	63,99
Fe^2O^3	2,88	0,97
Al^2O^3	16,62	18,02
FeO	0,18	»
CaO	»	0,50
BaO	n. d.	0,06
K^2O	15,81	14,32
Na^2O	0,34	1,86
H^2O+	»	0,51
	100,02	100,23

Les indices suivants ont été mesurés (Na), par M. P. Gaubert :

	n_g	n_m	n_p	2V
a. Variété incolore. . . .	1,5291	»	1,5232	»
b. Variété jaune d'or. . .	1,5253	1,5248	1,5197	36°6′

Les valeurs *b* sont celles que j'ai publiées en donnant pour la première fois la description de cette variété d'orthose. Plus récemment, M. S. Kozu a obtenu [25] sur un cristal jaune dont le plan des axes est parallèle à g^1 : $n_g = 1,5261$; $n_m = 1,5259$; $n_p = 1,5216$; 2V (calc.) = 24°12′ ; 2E (obs.) 31°10′. Il a fait en outre des propriétés optiques de ce feldspath, et notamment de sa dispersion, une étude approfondie, montrant que sa faible biréfringence, la petitesse de l'écartement des axes rapprochent ses propriétés de celles de la sanidine de l'Eifel, bien que ses indices de réfraction soient beaucoup plus élevés. Cette analogie est intéressante, étant donné la différence des conditions de gisement des deux minéraux.





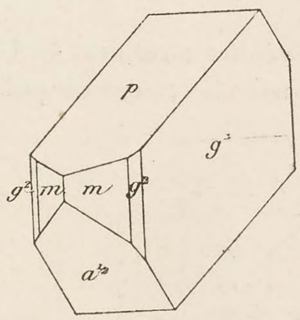


Fig. 446 à 448. — Orthose. Formes communes.

Il ne s'agit plus ici d'une roche volcanique, mais d'une pegmatite, c'est-à-dire d'une roche qui ne s'est pas formée à haute température. Ce minéral constitue une forme très remarquable d'orthose, dans laquelle une petite quantité d'alumine est remplacée par du fer. Aucun feldspath analogue n'est connu jusqu'ici. Il est intéressant de constater que le remplacement d'une petite portion de l'alumine par du fer a moins d'influence sur la densité et sur la réfringence que le remplacement d'un peu de potasse par la soude (variété incolore).

La pegmatite d'Itrongay constitue en outre, à ma connaissance, le premier exemple d'une pegmatite dans laquelle le feldspath est parfaitement hyalin.

A Itrongay, l'orthose se trouve aussi en grandes masses laminaires, associées graphiquement avec du quartz; elles sont d'un blanc jaunâtre, très éclatant sur les clivages, mais seulement translucides; ce défaut de transparence est dû en partie à l'abondance d'inclusions liquides à bulle extrêmement mobile, souvent emprisonnée dans une cavité à forme de cristal négatif (g^1, m, p, $a^{1/2}$).

Des cristaux d'orthose identiques à ceux d'Itrongay m'ont été signalés entre Ambalavao et Ihosy, au Sud du Zomandao, près de Kivala ; un piquet de prospection a même été planté dans cette localité, mais M. Perrier de la Bathie, qui, sur ma demande, a bien voulu rechercher ce gisement, met en doute son existence.

Je signalerai aussi comme fort intéressante une dissogénite qui a été recueillie par M. Mouneyres à Sabotsy (4 kilomètres Sud-Ouest de Fianarantsoa). Elle est caractérisée par des cristaux porphyroïdes d'orthose de plusieurs centimètres de longueur, orientés et distribués régulièrement dans un mélange grenu de microcline rosé et de diopside vert. Cette orthose, toujours maclée suivant la loi de Carlsbad, est colorée en violet lie de vin ; cette couleur insolite est due à de petites ponctuations de magnétite distribuées uniformément, sans orientation géométrique. La collection Baron renferme un échantillon identique étiqueté Antoby, Ouest des Vavavato (Ankaratra).

Syénites alcalines. — Un grand nombre de syénites alcalines du Nord-Ouest et particulièrement les pulaskites, renferment de l'orthose sodique, généralement dépourvue de la macle de l'albite ; le même minéral se rencontre dans les syénites néphéliniques, les monzonites néphéliniques, etc., mais je ne suis pas bien sûr que, malgré l'absence de macles polysynthétiques, ces feldspaths ne soient pas à rapporter à l'anorthose. De petits cristaux de ce genre (p, m, g^2, g^1, a^2) aplatis suivant p, tapissent les druses d'une microsyénite alcaline à Andrahibo sur la côte occidentale de la presqu'île d'Ampasimena. Ces cristaux sont parfois maclés suivant la loi de Carlsbad (fig. 449 et 450, mais avec aplatissement suivant g^1 plus marqué), ils présentent des microperthites avec l'albite.

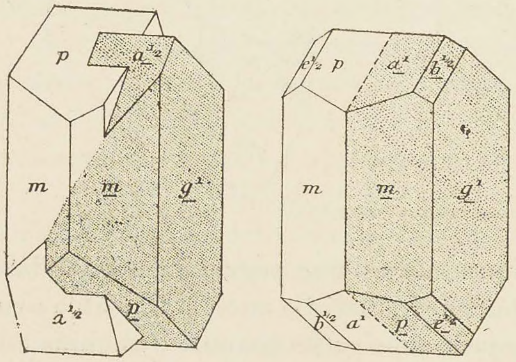


Fig. 449 et 450. — Orthose. Macle de Carlsbad.

Roches volcaniques. — L'orthose est caractéristique des trachytes, des phonolites, etc. Dans quelques gisements, elle s'y présente avec des particularités intéressantes.

Dans beaucoup de phonolites, elle constitue des microlites toujours aplatis suivant g^1 et généralement limités par p, $a^{1/2}$ (fig. 452) ou a^1 et aussi des phénocristaux ; ces derniers peuvent atteindre 1 centimètre.

Parmi les trachytes, il existe dans le massif de l'Ankaratra un type offrant une ressemblance frappante avec la *sancyite* du Mont-Dore par suite de l'existence de phénocristaux fissurés et vitreux de *sanidine* de plusieurs centimètres de long ; ceux-ci appartiennent à deux types : cristaux simples (fig. 446 à 448) ou cristaux maclés suivant la loi de Carlsbad par accolement ou par pénétration (fig. 449 et 450). Un bon exemple de cette roche se trouve à gauche du pont traversant la Sahatsio, au Nord d'Antsirabe. J'y ai rencontré en outre des macles de Four-la-Brouque de 1 à 2 centimètres (fig. 451).

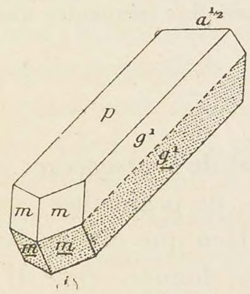


Fig. 451. — Sanidine de la Sahatsio. Macle de Four-la-Brouque.

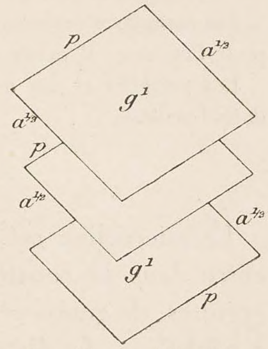


Fig. 452. — Microlites d'orthose d'axe trachyte.

Contacts de roches éruptives.

Le gîte cuprifère de contact de Mandro, près Betafo, renferme de jolis petits cristaux transparents d'*adulaire* qui sont, soit implantés directement sur la hornblende dont ils englobent quelques cristaux, soit sur de l'épidote ; ils sont aussi quelquefois recouverts par des cristaux d'albite, de sphène et d'épidote ; leurs formes sont représentées par les figures 453 et 454.

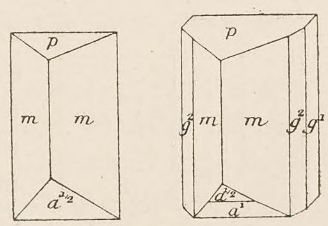


Fig. 453 et 454. — Adulaire de Mandro.

MICROCLINE

Si^3O^8AlK.

Propriétés cristallographiques. Triclinique, mais très voisin de l'orthose. Il s'en distingue par la valeur de $pg^1 = 90°16'$. Les plans de séparation suivant t (110) sont plus faciles que suivant m ($1\bar{1}0$). La différence avec l'orthose se décèle par les propriétés optiques ; celles-ci montrent :

1° La constance de la macle suivant la loi de l'albite (polysynthétique) ; 2° la fréquente association à celle-ci de la macle polysynthétique suivant la loi du microcline, se faisant suivant un plan incliné de 99° sur p, dans l'angle obtus ph^1. Cette macle forme avec celle de l'albite un quadrillage rectangulaire dans p. Le plan des axes optiques est presque perpendiculaire à g^1 ; la

bissectrice aiguë fait dans g^1 + 5° avec la trace de p ; le minéral est optiquement négatif. L'angle des axes optiques est grand.

Les caractères extérieurs, les formes, les macles et les propriétés chimiques sont les mêmes que pour l'orthose. Il existe seulement une variété verte qui est l'*amazonite*.

Les *perthites* et les *microperthites* d'albite et de microcline sont encore plus fréquentes que dans l'orthose.

GISEMENTS

Le microcline est le feldspath potassique le plus abondant de Madagascar ; il entre dans la constitution d'un grand nombre de granites, de pegmatites, de syénites, de gneiss acides et notamment des leptynites, aussi bien que des gneiss à néphéline. La distribution géographique de ces roches étant donnée, tome II, dans les Chapitres de *Lithologie*, je ne m'occuperai ici que des conditions de gisement suivantes, permettant de remarquer des particularités intéressantes au point de vue minéralogique. Je rappellerai qu'en l'absence de mesures goniométriques très précises, seul l'examen des propriétés optiques permet de distinguer le microcline de l'orthose dont il a les formes extérieures.

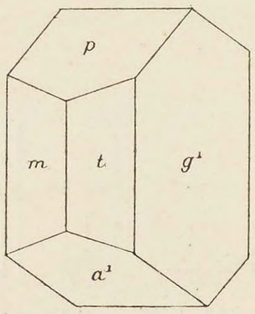


Fig. 455. — Microcline. Forme commune.

Granites. — Le microcline constitue les grands cristaux des granites porphyroïdes ; ces cristaux, blancs ou rosés, ayant depuis quelques centimètres jusqu'à près d'un décimètre de longueur, restent en relief sur les surfaces exposées à l'air ; de beaux exemples peuvent en être vus, notamment sur la route du Sud, entre Antsirabe et Ilaka ; près de Maroantseitra ; au col d'Elakelaka et en bien d'autres endroits. On y remarque toujours des cristaux simples, représentés par les figures 446 à 448 et 455, et d'autres, plus gros, maclés suivant la loi de Carlsbad du type des figures 449 et 450. Ce sont les formes communes dans ce minéral.

Pegmatites. — Le microcline est le feldspath essentiel de la plupart des pegmatites et notamment de toutes les pegmatites gemmifères. Ses cristaux n'ont pas de formes géométriques distinctes quand ils sont enchevêtrés les uns dans les autres, mais ils prennent des formes nettes, qui sont celles de l'orthose, dès qu'ils sont englobés dans le quartz, d'où il est facile de les extraire. Ces cristaux ont parfois des dimensions énormes et très nombreux sont les gisements dans lesquels il est possible par clivage d'obtenir des surfaces de plusieurs décimètres de largeur.

Les associations graphiques de microcline et de quartz sont extrêmement fréquentes.

Dans les *pegmatites potassiques*, le microcline est quelquefois blanc ou vert (*amazonite*), mais plus souvent rosé ou d'un blanc rosé, par suite de l'existence dans la roche de minéraux ferrifères altérables et altérés. Comme exemple de microcline d'un rose foncé, je citerai la bordure du Massif cristallin dans la province d'Analalava (Betainomby et rive droite de la Maevahinja (Andilambe, Ankarefo, etc.). Comme exemple de gros cristaux distincts de microcline englobés dans le quartz, je citerai ceux d'Ampangabe, de Tongafeno, d'Andilana, d'Antseba, et, pour des cristaux de 2 à 3 centimètres seulement, le Sud de l'Institut Pasteur à Tananarive. Ils présentent les formes communes de l'orthose, avec fréquemment la macle de Carlsbad. A Ampangabe, où ces cristaux atteignent 30 centimètres suivant *c*, il existe des macles de Carlsbad, avec grand développement de $b^{1/2}$ (fig. 456, d'après M. Ungemach). Le gisement le plus remarquable pour l'amazonite est Andriamena (cristaux mesurant plus de 0m,60 de plus grande dimension).

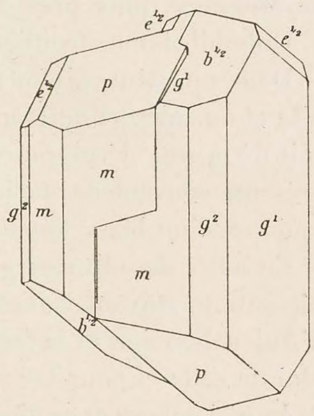


FIG. 456. — Microcline. Macle de Carlsbad. Ampangabe.

Beaucoup plus rares sont les cristaux drusiques de microcline. Ceux d'Ambohibe, près de Betafo, associés à l'améthyste, sont remarquables en ce qu'ils peuvent présenter toutes les formes communes : *m*, *t*, *p*, a^1, $a^{1/2}$, $c^{1/2}$, $e^{1/2}$, $i^{1/2}$ et que, fort souvent, ils ont un développement spécial dû à un allongement suivant l'axe *b* (fig. 457 et 458). Ces cristaux, légèrement rosés, sont en outre remarquables par l'absence complète de veinules microscopiques d'albite.

M. Ungemach m'a montré un petit cristal de microcline blanc, supportant une aiguille de tourmaline provenant d'une druse de la pegmatite de Tongafeno ; ce cristal porte une face h^1 (100) distincte.

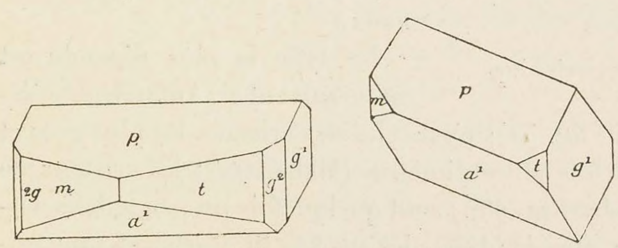


FIG. 457 et 458. — Microcline d'Ambohibe.

Plus intéressant en moyenne est le microcline des *pegmatites sodo-lithiques* ; par suite de la pauvreté en minéraux ferrugineux de ces roches, ce feldspath y est souvent d'une blancheur éclatante ; dans certains gisements, ses clivages à éclat nacré sont même un peu translucides (Maharitra, Tsilaizina, Antandrokomby, Antsongombato). Dans d'autres cas, ce feldspath est vert (*amazonite*), mais avec une

gamme de teintes extrêmement variées : vert très vif, mais pâle (Anjanabonoina, Vohimasina), vert foncé (Maharitra ; sur la Matsiatra entre le confluent de cette rivière avec la Manandriana et Imody), vert bleuâtre (Antaboaka), vert clair (Sahaforona près Andina) ; ou enfin vert de cuivre (Andohafiakarana, près Imody). Tous les gisements qui viennent d'être indiqués se trouvent sur les Hauts Plateaux et dans leur partie centrale, mais l'amazonite existe aussi près de Midongy, puis près d'Ilakaka, entre Ranohira et Benenitra (M. Giraud) et à Ambohibeloma (frontière de l'Imerina et de l'Ankay).

Dans un même gisement, il existe parfois (Maharitra, Vohimasina) de l'amazonite et du microcline blanc. Il est fort possible que dans certains cas, ce dernier soit dû à une décoloration du type vert ; à Anjanabonoina, en effet, l'amazonite présente souvent des taches blanches et la périphérie des blocs exposés à l'air est toujours d'un blanc laiteux.

En outre des clivages p et g^1, le microcline présente fréquemment des plans de séparation suivant t (110) ; ils sont particulièrement fréquents dans l'amazonite d'Anjanabonoina et la facilité de tous ces plans de décollement rend malaisé l'emploi de celle-ci pour l'ornementation, malgré la fraîcheur de sa couleur.

Je n'ai vu qu'exceptionnellement (Maharitra) des cristaux distincts de microcline extraits de la pegmatite ; par contre, les cryptes en fournissent beaucoup de beaux cristaux, mais, à l'exception d'un échantillon d'Anjanabonoina, constitué par de l'amazonite, tous ceux que j'ai vus sont blancs de lait ou colorés superficiellement en jaunâtre par une incrustation de produits ferrugineux.

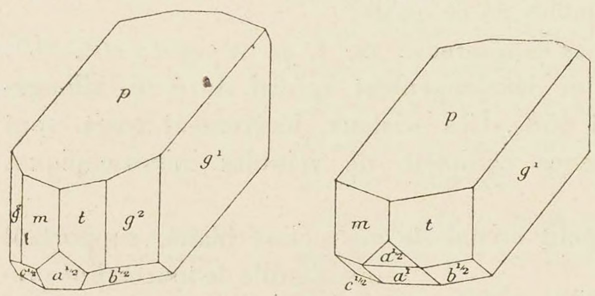


Fig. 459 et 460. — Microcline de Tampombohitra.

Le type le plus répandu est aplati suivant g^1 [Antandrokomby (Pl. 26, fig. 3), Maharitra (Pl. 26, fig. 5)] ; c'est celui des cristaux les plus gros et dont les dimensions dépassent parfois 20 centimètres (Maharitra) ; les cristaux de petite taille (Tampombohitra, Maharitra, etc.) sont quelquefois un peu aplatis suivant p (fig. 459 et 460). Dans le premier type, les macles de Carlsbad sont fréquentes ; la figure 462 (Antandrokomby) montre un petit cristal inclus dans un gros et maclé avec celui-ci suivant la loi de Carlsbad. Les macles de Baveno sont fréquentes, toujours pauvres en faces (fig. 461). Enfin, M. Tirlet, qui a exploité le filon de Maharitra, m'y a signalé l'existence de grosses macles de Manebach que je n'ai pas vues personnellement.

Ces cristaux drusiques sont assez rarement intacts ; le plus souvent, pendant la période pneumatolytique de l'histoire de la roche, ils ont été plus ou moins épigénisés en albite, qui, souvent distincte à l'œil nu, forme un vernis glacé sur g^1 et constitue à la surface des prismes, des agrégats rugueux sur lesquels on distingue plus ou moins nettement de petites facettes brillantes, appartenant à un grand nombre d'individus. Tel est le cas du cristal représenté par la figure 3 de la planche 26 et qui, en outre, est recouvert en partie d'un enduit de très petites aiguilles de rubellite. Quelquefois la pseudomorphose est beaucoup plus profonde et le cristal de microcline est transformé en une sorte de boîte cristalline, cloisonnée, dans laquelle des cristaux d'albite secondaire supportent de petites aiguilles de rubellite, des lamelles de bityite, de lépidolite, etc. A Ambatolampy, près Maharitra, le microcline intact est seulement çà et là creusé de cavités que tapissent de petits cristaux d'albite sans orientation fixe.

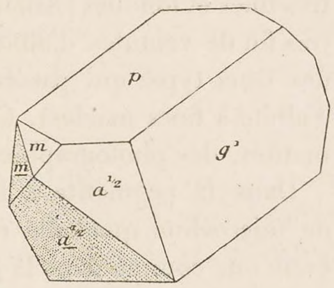


Fig. 461. — Microcline. Macle de Baveno.

L'amazonite d'Anjanabonoina est souvent recouverte extérieurement par des cristaux blancs qui semblent au premier abord appartenir à l'albite, mais qui sont formés en réalité par du microcline présentant une structure microscopique quadrillée contrastant avec celle du minéral principal

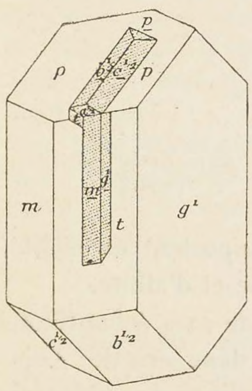


Fig. 462. — Microcline. Macle de Carlsbad. Antandrokomby.

L'étude des propriétés optiques de ces divers microclines montre les propriétés normales de ce minéral, mais avec de grandes variétés dans les modalités de ses macles. Dans le type le plus commun, on observe sur p le quadrillage plus ou moins régulier, plus ou moins fin des macles rectangulaires du microcline et de l'albite ; c'est la structure la plus habituelle dans le microcline des pegmatites potassiques des granites, des syénites, des schistes cristallins, y compris les gneiss à néphéline. Quelquefois ces macles sont extrêmement fines et irrégulièrement fondues les unes dans les autres ; sur de grandes surfaces, le minéral paraît, en lumière polarisée parallèle, homogène, non maclé (Ambohibe).

Dans un second type, que je n'ai rencontré que dans les pegmatites sodo-lithiques, la macle de l'albite existe seule ; il n'y a pas alternance d'un grand nombre de lames appartenant aux deux orientations, mais enchevêtrement intime de ces deux orientations, de telle sorte que chacune d'elles semble appartenir à un seul

individu continu. Tantôt ces macles constituent un grand damier (Anjanabonoina ; il existe peu d'albite sous forme de taches discontinues), tantôt ces macles sont très fines et fondues [Antandrokomby ; (parfois très peu d'albite) ; Manjaka (réseau très fin de veinules d'albite)] ; enfin, à Antsongombato, il existe des associations des deux types qui passent insensiblement les unes aux autres (larges veinules d'albite à fines macles). On trouvera dans le tome II, à la description des pegmatites, des photographies de ces diverses structures.

Dans la pegmatite à hudsonite d'Ambano, près Antsirabe, les associations de microcline quadrillé rosé et albite blanche sont très régulières et visibles, à l'œil nu, comme dans la *perthite* de Perth ; il en est de même dans l'amazonite de Sahaforona, grâce à la couleur de l'albite, tranchant sur le vert du feldspath potassique qui l'englobe.

Les analyses et constantes suivantes données par MM. Duparc, Wunder et Sabot [10] se rapportent au microcline, *a*) d'Antsongombato, *b*) d'Antaboaka.

	a	*b*
SiO^2.	64,36	63,55
Al^2O^3.	18,12	18,55
Fe^2O^3.	0,45	0,34
MgO.	tr.	0,10
CaO..	0,33	0,36
K^2O..	13,63	13,90
Na^2O.	3,05	3,30
	99,94	100,10
Densité..	2,5619	2,5762

	n_g	n_m	n_p	2V
a.	$n_g = 1,5248$	$n_m = 1,5220$	$n_p = 1,5182$	$2V = 81°49'$
b.	1,5255	1,5227	1,5181	75°19'

Il est bon de remarquer que ces dernières constantes se rapportent en réalité, non pas à du microcline pur, mais à un mélange de microcline et d'albite.

M. de Gramont a bien voulu faire l'étude spectroscopique de mes échantillons de microcline ; il a trouvé le spectre du rubidium et du césium dans ceux de : Anjanabonoina, Manjaka, Antaboaka, Maharitra ; le spectre du gallium dans les trois premiers, celui du thallium dans le microcline d'Anjanabonoina et de Manjaka.

Syénites et microsyénites. — Les syénites potassiques de la région d'Ambatofinandrahana (vallées de l'Imorona, de l'Itsindra, de l'Ivato), des environs de Bedihy, leurs aplites et leurs pegmatites sont caractérisées par la prédominance du microcline quadrillé dépourvu de pénétrations d'albite.

Tout à fait intéressant est le microgranite de la rive gauche de l'Ivato, près Ambatoarina qui renferme à la fois des phénocristaux et des microlites de micro-

cline ; les phénocristaux ont la même coloration que les phénocristaux de biotite qui les accompagnent ; ils doivent cette couleur à de fines ponctuations opaques (magnétite?). Leurs dimensions atteignent 7 à 8 millimètres, ils sont aplatis suivant g^1 et présentent les faces a^1, p, m, t ; ils offrent en outre des quadrillages de la macle du microcline, ainsi que les macles binaires de Carlsbad et de Baveno (par entrecroisement).

M. Ungemach m'a communiqué un beau cristal qui aurait été trouvé dans les éluvions de la pegmatite syénitique à tscheffkinite d'Itorendrika (m (110), t (1$\bar{1}$0), g^2 (130), ${}^2g$ (1$\bar{3}$0), p, $b^{1/2}$ (111) a^1 (101), avec g^1 (010) réduit). Tous les autres échantillons des feldspaths de ce gisement que j'ai vus sont entièrement transformés en calcédoine cloisonnée, avec persistance de la trace des clivages.

ANORTHOSE

$Si^3O^8Al(Na,K)$.

Propriétés cristallographiques. Triclinique, mais très voisin de l'orthose ; $pg^1 = 90°29'$; toutes les propriétés sont celles de l'orthose sous les réserves suivantes :

Densité. 2,58 à 2,60. Macles polysynthétiques de l'albite et parfois de la péricline. La bissectrice aiguë (optiquement négative) fait dans g^1, avec la trace de p, un angle atteignant 10°. L'angle d'extinction dans la section perpendiculaire à n_p est de 89°. Les indices varient avec la teneur en soude, mais sont toujours un peu plus élevés que dans l'orthose et il en est de même pour la biréfringence.

Au point de vue *chimique,* la teneur en sodium est plus grande et parfois beaucoup plus grande que celle en potassium ; il existe parfois une quantité notable de calcium.

Diagnostic. En l'absence de macles microscopiques, l'anorthose ne peut être distinguée de l'orthose sodique.

GISEMENTS

L'anorthose existe dans un très grand nombre de roches alcalines du Nord-Ouest ; je crois que beaucoup des orthoses sodiques dont il sera question dans la description de ces roches doivent être rapportées à ce feldspath, mais il ne m'est pas possible d'en faire la démonstration, en l'absence de cristaux maniables,

L'anorthose est fréquente aussi dans les roches volcaniques et, pour sa détermination, on se heurte aux mêmes difficultés ; cependant il est des cas dans lesquels la démonstration est possible et, à cet égard, je dois citer particulièrement les trachytes à aegyrine d'Angarony, les trachytes phonolitiques de l'Ankaratra, dans lesquels l'anorthose présente les deux macles polysynthétiques d'une finesse extrême, mais très nettement perceptibles.

ALBITE

Si^3O^8AlNa.

Propriétés cristallographiques. Triclinique. $a : b : c = 0{,}63331 : 1 : 0{,}57716$; $yz = 94°3'$; $zx = 116°27'$; $xy = 88°9'$; $mt = 120°47'$. Macles de l'albite (plan d'association g^1 et axe de rotation perpendiculaire). Macles de la péricline, du roc Tourné, de l'Esterel, de Carlsbad. Clivages : p (001) parfait, moins facile suivant g^1 (010) ; plans de séparation suivant m ($1\bar{1}0$).

Dureté. 6 à 6,5. *Densité.* 2,62 à 2,63.

Propriétés optiques. Blanche, incolore, pouvant prendre diverses couleurs par altération. Transparente ou translucide, parfois opalescente avec reflets bleuâtres très éclatants (*péristérite*) ou bien d'un blanc laiteux (*péricline*). L'angle d'extinction dans p est de $+ 4°$ et de $+ 20°$ dans g^1. Optiquement positive ; la surface perpendiculaire à la bissectrice aiguë tronque l'angle aigu pg^1 et fait 101° avec p. $n_g = 1{,}540$; $n_m = 1{,}534$; $n_p = 1{,}532$.

Propriétés chimiques. La composition théorique est SiO^2 68.7 ; Al^2O^3 19,5 ; Na^2O 11,8 ; elle contient parfois fort peu de calcium (passage aux oligoclases).

Diagnostic. Se distingue des feldspaths calco-sodiques par sa densité, l'absence d'une quantité importante de calcium et par ses propriétés optiques.

GISEMENTS

Les cristaux d'albite se rapportent à deux types principaux comparables à ceux de l'orthose.

1° Cristaux aplatis suivant g^1 et généralement assez allongés suivant l'axe vertical. 2° Cristaux allongés suivant pg^1 et d'ordinaire un peu aplatis suivant p. La macle suivant la loi de l'albite est presque constante, celle suivant la loi de Carlsbad fréquente : la macle suivant la loi de la péricline est rarement visible à l'œil nu. Je n'ai pas observé d'autres macles dans les cristaux des gisements étudiés ci-contre.

Roches éruptives.

Pegmatites. — L'albite est extrêmement abondante dans les pegmatites sodolithiques et tous les gisements signalés dans l'étude de cette roche (tome II) fournissent de beaux échantillons de ce feldspath. Il s'y rencontre à l'état primaire en lames ou en cristaux généralement aplatis suivant p, maclés suivant les lois de l'albite et de Carlsbad. Ils sont assez épais et souvent enveloppés dans le microcline (Tsilaizina, Maharitra, Antandrokomby, Antsongombato), ils atteignent exceptionnellement 4 à 5 centimètres (Sahatany) ; cette variété d'albite est parfois lamellaire suivant g^1 et alors comparable à la *cleavelandite* de Chesterfield (Massachussetts). On trouve aussi l'albite en masses saccharoïdes, formées de petites lamelles

d'un blanc éclatant, qui englobent l'apatite bleue, la rubellite (Manjaka, Antsongombato) ou bien la danburite (Antandrokomby).

Dans les cryptes à cristaux, l'albite devient de plus en plus abondante à mesure que l'on se rapproche des cavités, dans lesquelles apparaissent de beaux cristaux nets, généralement plus aplatis que dans les figures 463 à 465 ; ils sont quelquefois orientés sur le microcline qu'ils épigénisent plus ou moins complètement (Maharitra, Antandrokomby, etc.). A Antsongombato, de petites druses renferment des cristaux crêtés, formés par le groupement à axes parallèles de cristaux mal formés caractérisés par la prédominance des faces *m, t* et *p* ; de beaux cristaux [g^1 (010), a^1 (101), *p* (001)] groupés à axes imparfaitement parallèles en agré-

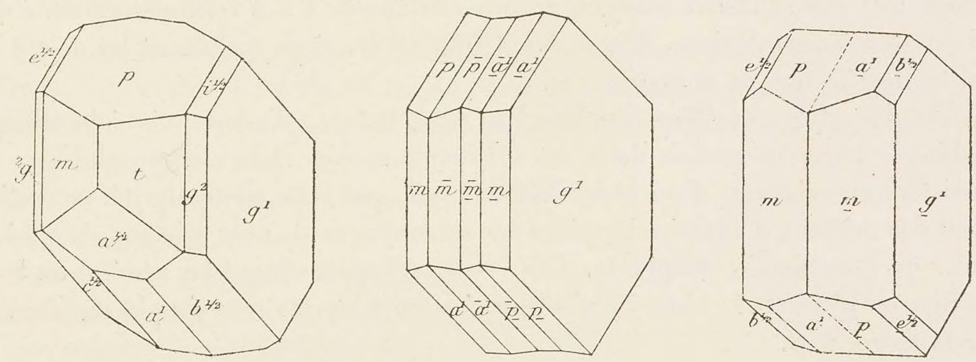


Fig. 463 à 465. — Albite. Formes communes.

gats crêtés, supportent un cristal de béryl dans un échantillon du Sud de la Mania.

L'albite ne manque pas dans les pegmatites dépourvues de minéraux lithiques, c'est ainsi que dans la pegmatite à hudsonite d'Ambano au Nord d'Antsirabe, se trouve comme élément normal, une albite blanche en grandes plages qui présente sur une face indéterminable, voisine de g^1, et paraissant faire partie de la zone pg^1, un chatoiement bleu rappelant celui de la *péristérite* du Canada [1].

Je dois à M. Perrier de la Bathie de gros cristaux (3 à 4 centimètres) d'albite, encastrés dans du quartz secondaire, et provenant d'une pegmatite rencontrée entre Betafo et Ambohimasina. Ces cristaux fournissent de grands clivages *p*, à stries très régulières ; ils présentent les formes *p* (001), $m\,(1\bar{1}0)$, *t* (110), g^2 (130), $^2g\,(1\bar{3}0)$, $a^1\,(\bar{1}01)$, $a^{1/2}\,(\bar{2}01)$; ils sont d'un blanc de lait.

Syénites et granites alcalins ; gneiss à néphéline. — L'albite, soit en cristaux isolés, soit plus souvent groupée en microperthite avec l'orthose ou l'anorthose, est un des feldspaths prédominants des syénites néphéliniques, des syénites et des

1. On a vu plus haut que l'albite forme des perthites ou des microperthites avec le microcline de la plupart des pegmatites.

granites alcalins de la province pétrographique d'Ampasindava et de l'Ambohitrosy.

Elle accompagne le microcline quadrillé comme feldspath normal des gneiss néphéliniques de Makaraingo et des syénites néphéliniques des bords de la Mahajamba. A l'inverse de ce qui a lieu dans les autres syénites néphéliniques malgaches, ces roches ne renferment pas de microperthite.

Contacts de roches éruptives.

Les calcaires métamorphisés par le granite d'Ambatoarina renferment beaucoup d'albite comme minéral métamorphique microscopique, accompagnant l'imerinite : elle se trouve aussi en grands cristaux de 1 à 2 centimètres dans des lits de ces mêmes calcaires, dépourvus d'amphibole, mais contenant beaucoup de quartz, de célestite, de monazite, etc.

Dans les gîtes cuprifères de Mandro, près Betafo, d'assez jolis échantillons d'albite se trouvent parfois dans des druses de roches riches en amphibole ; ils consistent en cristaux, d'un blanc laiteux, qui, par cette particularité, se distinguent des cristaux d'adulaire limpides les accompagnant, avec cristaux de sphène brun, de hornblende, d'épidote. Ces cristaux appartiennent en général au type des figures 463 à 465 ; mais j'y ai observé aussi la forme très simple représentée par la figure 458.

Schistes cristallins.

M. Michaut m'a communiqué des échantillons provenant du village même de

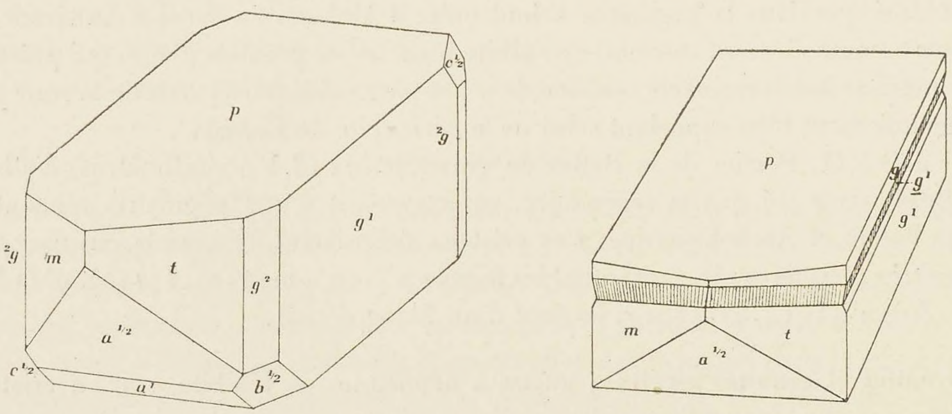


Fig. 466 et 467. — Albite de Foulpointe. Macle de la péricline (fig. 467).

Foulpointe ; ils consistent en un gneiss amphibolique à albite et épidote, renfermant de grosses amandes constituées par du quartz et de l'albite. Çà et là, on y voit

des plages de calcite rosée, fournissant des clivages qui ont jusqu'à 6 centimètres de plus grande dimension ; leur dissolution par HCl dégage des géodes de cristaux d'albite enchevêtrés, translucides, d'un beau blanc, atteignant 1 centimètre. Aplatis suivant *p*, ils présentent *m*, *t*, g^1, g^2, ^2g, *p*, $a^{1/2}$, *a*, $b^{1/2}$; ils ont l'apparence de cristaux simples (fig. 466), mais souvent l'examen des faces de la zone verticale montre des angles rentrants ; en réalité, ces cristaux renferment, encastrées au milieu d'eux, une ou plusieurs lames maclées suivant la loi de la péricline. Leur densité est de 2,64.

Fentes de schistes cristallins.

J'ai examiné des échantillons recueillis au mont Tsaramody, à 40 kilomètres à l'Ouest de Betafo, dans les fentes des schistes amphiboliques en contact avec le granite. Ils consistent en géodes de cristaux d'albite, allongés suivant pg^1, aplatis suivant g^1 et rappelant tout à fait ceux de l'Oisans (fig. 468) ; ils supportent de grands cristaux d'actinote.

Des cristaux analogues, d'un blanc laiteux, mais plus gros (ils atteignent 1 centimètre) et parfois allongés suivant *c*, forment dans les fentes des amphibolites de la Fanambana des agrégats miarolitiques dans lesquels ils sont associés à de beaux cristaux d'épidote et à un peu de quartz.

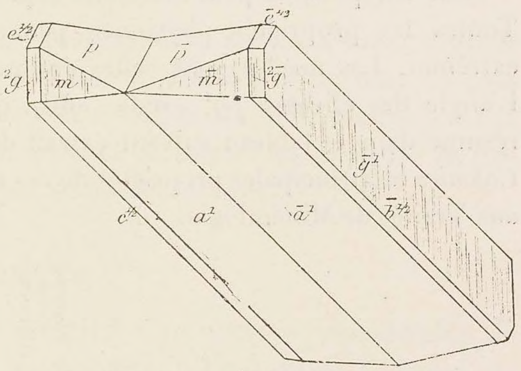


Fig. 468. — Albite de Mandro.

Les pyroxénites à phlogopite de Volonandrongo renferment des géodes ou des fentes dans lesquelles ont été trouvés de beaux groupements crêtés (Pl. 26, fig. 4) d'albite (densité = 2,62), aplatis suivant g^1 et limités par les faces *p*, a^1, $c^{1/2}$, $b^{1/2}$; ces groupements sont associés à des cristaux de diopside, à des agrégats fibreux d'actinote vert clair ; ils sont parfois recouverts de baguettes cannelées d'épidote et de clinozoïsite. Ils mesurent de 2 à 3 centimètres de plus grande dimension et recouvrent des surfaces de plusieurs décimètres carrés.

L'albite de ce gisement forme aussi des masses clivables, d'un blanc laiteux ou d'un rose pâle ; elle est quelquefois associée à de la tourmaline magnésienne d'une façon graphique, elle constitue alors le minéral cristallitique englobé.

PLAGIOCLASES

Les plagioclases sont les feldspaths tricliniques calcosodiques. Leur composition chimique et leurs propriétés physiques, de l'albite à l'anorthite, sont remarquablement continues, aussi les considère-t-on non comme des espèces distinctes, mais comme des mélanges isomorphes, en toute proportion, des deux termes extrêmes ; il semble cependant exister des mélanges plus fréquents que d'autres.

Albite — Ab = Si^3O^8AlNa
Anorthite = An = $Si^2O^8Al^2Ca$

Leur composition peut donc être représentée par la formule générale $Ab_n\ An_m$. Toutes les propriétés physiques peuvent être déduites de celles des termes extrêmes, Les macles sont celles énumérées plus haut à l'occasion de l'albite. L'angle des clivages pg^1 oscille entre 93°35′ (albite) et 94°10′ (anorthite). Je résume dans le tableau suivant extrait de ma *Minéralogie de la France et de ses Colonies* les principales propriétés de ces minéraux, renvoyant pour plus de détails aux Traités de Minéralogie.

		Proportion d'albite et d'anorthite.	Proportion d'anorthite ($n+m=100$)	Rapports d'oxygène $1:3:x$.	Composition en centièmes				Densité calculée
		$Ab_n An_m$	$m =$	$x =$	SiO^2	Al^2O^3	CaO	Na^2O	
Albite		1 : 0	0,0	12,0	68,7	19,5	0 »	11,8	2,624
Oligoclases	Oligoclase-albite	12 : 1	7,7	10,9	66,6	20,9	1,6	10,9	2,635
		8 : 1	11,1	10,4	65,7	21,6	2,4	10,4	2,640
		6 : 1	14,0	10,0	64,9	22,1	3,0	10,0	2,645
	Oligoclase	4 : 1	20,0	9,3	63,3	23,1	4,2	9,4	2,652
	Oligoclase-andésine	3 : 1	25,0	8,8	62,0	24,0	5,3	8,7	2,654
Andésines	Andésine-oligoclase	2 : 1	33,3	8,0	59,9	25,4	7,0	7,7	2,671
	Andésine	3 : 2	40,0	7,4	58,1	26,6	8,4	6,9	2,680
		4 : 3	42,9	7,2	57,4	27,1	8,9	6,6	2,684
Labradors	Labrador	1 : 1	50,0	6,7	55,6	28,3	10,4	5,7	2,694
	Labrador-bytownite	3 : 4	57,2	6,2	53,7	29,6	11,8	4,9	2,703
		2 : 3	60,0	6,0	53,0	30,1	12,3	4,6	2,708
		1 : 2	66,6	5,6	51,4	31,2	13,7	3,8	2,716
Bytownites	Bytownite	1 : 3	75,0	5,2	49,3	32,6	15,3	2,8	2,728
		1 : 4	80,0	4,9	48,0	33,4	16,3	2,3	2,735
	Bytownite-anorthite	1 : 6	85,7	4,6	46,6	34,4	17,4	1,6	2,742
		1 : 8	88,9	4,5	45,9	34,9	18,0	1,2	2,747
Anorthite		0 : 1	100	4,0	43,2	36,7	20,1	0,0	2,758

		$Ab_n An_m$	m	Extinctions sur les clivages p (001)	g^1 (010)	Angle de p avec la section perpend. à n_g.	Signe de la bissectrice aiguë.	2V	Angle d'extinction rapporté à la trace du plan des axes optiques des sections perpendiculaires aux bissectrices. n_p	n_g	Angle maximum d'extinction dans la zone perpendiculaire à g^1 (angle de n'_p avec g^1).	Indice moyen.
	Albite.	1 : 0	0	+ 4°	+ 20°	102°	+	77°	74°	20°	− 16°	1,534
Oligoclases.	*Olig.-albite.*	6 : 1	14,0	+ 2°30′	+ 10°30′	93°	+	88°30′	84°30′	10°30′	− 4°	»
			18	»	+ 8°			[90°]	90°	7°	0°	»
	Oligoclase.	4 : 1	20,0	+ 2°	+ 7°	»	−	88°	88°	5°	+ 2°	1,542
	Olig.-andésine.	3 : 1	25	0°	0°	»	−	86°	75°	3°	+ 7°	»
								[90°]				
Andésines.	*And.-oligocl.*	2 : 1	33	− 2°	− 4°	106°		»	70°	3°	+ 16°	
	Andésine.	3 : 2	40	− 2°30′	− 10°	112°	+	88°	66°	9°	+ 25°	1,553
Labradors.	*Labrador.*	1 : 1	50	− 5°30′	− 20°	127°	+	77°	60°	22°	+ 34°	1,558
	Lab.-bytown.	3 : 4	57,2	− 11°	− 25°	130°	+	79°	58°30′	33°	+ 37°	1,563
	Bytownite.	1 : 3	75	»	− 33°	»	»	[90°]	57°	42°	+ 43°	»
	Anorthite.	0 : 1	(1)	− 36°30′	− 41°30′	145°	−	77°30′	55°30′	48°	+ 55°30′	1,582

Les termes les plus élevés de la série sont inattaquables par les acides; à partir du labrador, ils commencent à s'attaquer à chaud et deviennent de plus en plus attaquables (en faisant gelée) à mesure que l'on se rapproche de l'anorthite. Cette propriété, jointe aux propriétés optiques, permet de mettre en évidence la fréquente association de divers plagioclases par zones successives.

GISEMENTS

Les plagioclases constituent l'élément essentiel d'un nombre considérable de roches éruptives et métamorphiques. On les distingue à l'œil nu de l'orthose par les stries de la macle suivant la loi de l'albite, visible sur les clivages. Il en sera question dans l'étude minéralogique de ces roches; je ne m'occuperai ici que des gisements dans lesquels ces minéraux se trouvent en échantillons suffisamment gros pour pouvoir être étudiés sans le secours du microscope.

Oligoclases-andésines.

Roches éruptives. — Granites et pegmatites. — Ces feldspaths abondent dans les granites à hypersthène et biotite; ils sont particulièrement beaux dans leurs variétés pegmatiques; ils y sont colorés en noirâtre ou en jaune. Les pegmatites à biotite dépourvues d'autres minéraux et les pegmatites à almandin-pyrope renferment parfois de beaux échantillons d'oligoclase strié (Soavinarivo, etc.).

On les trouve en cristaux souvent gris de fumée dans les pegmatites à diallage ou hornblende (Tananarive, dans la carrière au pied de la falaise d'Ampamarinana):

dans les pegmatites quartzifères du Sud de Betampy (Mahafaly), l'oligoclase-albite est blanc de lait (densité 2,64).

Gabbros. — Parmi les gabbros, je signalerai le type d'Anabohitsy (Mahafaly) qui, malgré sa basicité, a seulement pour plagioclase une andésine, colorée en noir par une quantité considérable de cristaux de spinelle, allongés suivant un axe binaire et orientés suivant la trace des macles de l'albite.

Tufs basaltiques. — Les tufs basaltiques de Nosy Mitsio, et ceux d'Anjouan, renferment des fragments de clivages d'oligoclase-albite (Densité 2,64 ; extinction de plus de 10° dans g^1, de 2 à 3° dans p), blanche ou incolore et transparente, à faces p finement striées ; ce sont là des enclaves, rappelant celles des tufs basaltiques de nombreux gisements français.

Schistes cristallins. — Enfin la variété d'oligoclase, dite *pierre de soleil*, caractérisée par des reflets dorés très brillants, forme des cristaux de 1 à 2 centimètres dans la dissogénite d'Alasora, au Sud-Est de Tananarive ; le constraste de ce feldspath chatoyant et du diopside vert rend cette roche très agréable à l'œil. Enfin, cette même pierre de soleil se trouve dans des veines de quartz avoisinant le gisement cuprifère de Mandro, près Betafo.

Labradors.

Roches éruptives. — Gabbros. — Les labradors sont les feldspaths caractéristiques des gabbros ; on peut en recueillir de fort beaux échantillons dans les variétés à grands éléments de ces roches. Ces feldspaths sont quelquefois blancs, mais ils sont souvent colorés en gris de fumée [anorthosites du pont de Telomita (Betsiriby) par exemple] ou bien en violacé [Betsiriby et lac Anosy à l'Ouest d'Antsirabe, densité 2,69 à 2,70]. Enfin, dans les labradoritites et les norites à grands éléments de la Bevinda et de la Volovolo, les gros cristaux de labrador (densité 2,69), souvent entourés d'agrégats grenus résultant de leur écrasement, sont d'un jaune paille et présentent plus l'aspect extérieur d'un feldspath alcalin que celui d'un plagioclase.

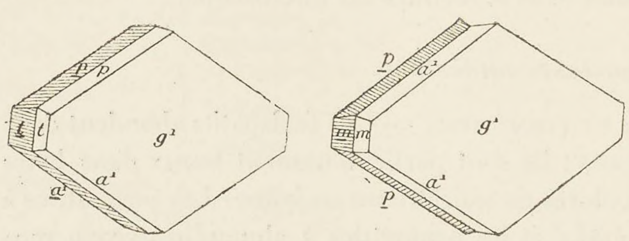


Fig. 469 et 470. — Plagioclases. Macle de l'albite (fig. 469) et macle de Carlsbad (fig. 470). Type I.

Roches volcaniques. — Labradorites et basaltes. — Certaines roches filoniennes ou volcaniques basiques renferment des phénocristaux

de labrador, à formes très nettes, qui méritent une description spéciale. Toujours très aplatis suivant g^1, ils présentent les macles de l'albite et de Carlsbad et possèdent deux facies différents.

Dans des labradorites d'Androtsy (Androy), ces cristaux, très nombreux, mesurent 3 centimètres de plus grande dimension, et seulement 2 à 3 millimètres de diamètre, la face g^1 est bordée par p et a^1 (fig. 469 et 470) ; ils sont d'un gris verdâtre et translucides : Près de Farafangana, ils sont très blancs vitreux et encore plus grands (densité 2,69) ; des cristaux analogues, mais plus petits, se rencontrent près de Vohitindry, sur la rive droite de la Matitanana ; ils sont verdâtres par suite d'un commencement d'altération.

Un second type est caractérisé par l'égal développement dans la face g^1 des traces des faces p, a^1 et $a^{1/2}$ (fig. 471 et 472). Ce type se trouve dans les basaltes du Tsiafakafo et du Tsiafakafokely (Ankaratra), ils ont un centimètre environ dans les basaltes du Manambao, près Morafenobe, etc. ; dans la labradorite amphibolique de Karianga (rive droite de la Rienana), dans les labradorites des environs de Farafangana, etc. Enfin, ils constituent une partie importante de la roche d'Angorony près Manongarivo dont il est question page 91 ; d'un blanc verdâtre, ils mesurent 2 centimètres de plus grande dimension dans g^1 et 2 millimètres d'épaisseur dans p.

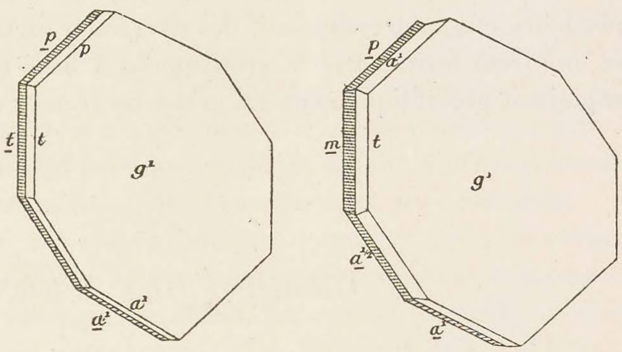


FIG. 471 et 472. — Plagioclases. Macle de l'albite (fig. 471 et macle de Carlsbad (fig. 472). Type II.

Bytownites et anorthites.

Roches éruptives. — ALLIVALITES. — Parmi les roches grenues basiques, il faut donner une place spéciale à l'*allivalite* du Fonjay, essentiellement constituée par de la bytownite (densité 2,74) grenue, si blanche que la roche simule de loin un calcaire.

Schistes cristallins. — L'anorthite se trouve en beaux échantillons dans beaucoup de gneiss à pyroxène. Je signalerai particulièrement sur la rive gauche du Manakaralahy (Mahafaly) l'existence de nodules de la grosseur du poing, constitués par de l'anorthite d'un blanc de lait, fournissant des clivages de 1 centimètre qui englobent un peu de trémolite jaune d'or et de corindon violacé. Cette anorthite

est quelquefois en voie de transformation en damourite : ce mode d'altération est fréquent dans les para-amphibolites de la région de Benenitra-Ibeandry.

Les pyroxénites à spinelle et les pyroxénites feldspathiques d'Isakoa, entre Betroka et Itrongay renferment des lits d'un gneiss à pyroxène et spinelle très leucocrate, contenant des lames de clivage atteignant 2 à 3 centimètres, d'où l'on peut extraire de l'anorthite translucide : elles englobent poecilitiquement les autres minéraux.

On trouvera tome II la description de roches formées par un mélange d'anorthite et de grenat rouge foncé ; elles sont en général à grain fin, mais à Masinandriana (4 kilomètres Nord-Est de Tananarive), il existe de grands cristaux de plusieurs centimètres donnant des clivages, à surface ondulée, qui, au microscope, se montrent formés par le groupement à axes parallèles de nombreux cristaux englobant poecilitiquement des grains de grenat.

GROUPE DES WERNÉRITES

Quadratiques avec hémiédrie pyramidale, les wernérites présentent les caractéristiques communes d'être clivables suivant les faces du prisme et d'avoir entre elles des relations analogues à celles des divers termes du groupe des plagioclases. Elles peuvent être regardées comme formées par des mélanges isomorphes des deux termes extrêmes.

Marialite $= 3[(Si^3O^8)AlNa].\ NaCl.$
Méionite $= 3[(Si^2O^8)Al^2Ca].\ CaCO^3.$

Il faut aussi, d'après les recherches les plus récentes de MM. Himmelbauer, Borgström, Sundius, Brauns, y ajouter d'autres composés, des marialites, dans lesquelles NaCl est remplacé par Na^2SO^4 ou Na^2CO^3 et des méionites renfermant $CaSO^4$ au lieu de $CaCO^3$. De nombreux noms ont été proposés (*dipyre, scapolite*, etc.), pour désigner les divers termes de cette série continue.

Propriétés cristallographiques. La longueur de c diminue de la marialite (0,4456) à la méionite (0,4392).

Dureté 5 à 6. *Densité*. Variable avec la composition de 2,560 (marialite) à 2,815 (méionite).

Propriétés optiques. Optiquement négatives et uniaxes. J'ai montré[1] que la réfringence et la biréfringence augmentent avec la teneur en chaux de la marialite à la méionite. Les auteurs cités plus haut ont confirmé et précisé cette relation, précieuse pour le *diagnostic* de ces minéraux.

	n_g	n_p	$n_g - n_p$
Marialite. . .	1,5463	1,5395	0,0068
Dipyre. . . .	1,5554	1,5429	0,0125
Scapolite. . .	1,5664	1,5464	0,0200
Méionite. . .	1,5897	1,5564	0,0333

1. *Bull. Soc. franç. min.*, t. XII, 1889, p. 356.

Propriétés chimiques. Les wernérites fondent facilement au chalumeau.

Les types les plus riches en marialite de la série sont difficilement attaquables par les acides et la résistance à l'action des acides diminue avec la teneur en chaux; la méionite est attaquable sans faire gelée.

GISEMENTS

Contacts de roches éruptives et schistes cristallins.

Les minéraux du groupe de la wernérite se rencontrent comme éléments microscopiques des cornéennes calcaires des contacts des filons de pegmatite (Antandrokomby, Antsongombato). Mais leur gisement principal se trouve dans les calcaires cristallins et dans les gneiss à pyroxène qui les accompagnent. On verra tome II, que dans cette catégorie de gisements, il existe même des roches (*wernéritites*) uniquement constituées par une wernérite en fait d'élément blanc; je renvoie à la description de ces roches pour l'énumération des gisements.

Dans quelques-uns d'entre eux, des roches renfermant encore un peu de calcaire montrent, lorsqu'elles sont recueillies aux affleurements lavés par les eaux atmosphériques ou quand elles ont été traitées par un acide, un aspect miarolitique, avec cristaux blancs très nets, de scapolite [m(110), h^1 (100), $b^{1/2}$(111)] (fig. 473 et 474) dont les faces sont généralement plus ou moins arrondies; ils sont associés à quelques cristaux de sphène brun et de diopside. Je citerai à cet égard les gisements de gneiss à pyroxène de la région d'Ampanihy et de l'Androy ; dans cette dernière région, la scapolite est extrêmement abondante (haute vallée du Mandrare et à l'Ouest vers Tsivory, Imanombo, Bekily). Dans la vallée du Manambolo, la scapolite (densité 2,71), d'un gris de fumée, est associée à la wollastonite et au sphène, en cristaux atteignant 4 centimètres de plus grande dimension. La scapolite blanche du poste de Behara, qui accompagne le diopside vert, a une densité de 2,705.

J'ai recueilli dans les carrières d'Ambohimirakitra de la scapolite sous une forme autre, en énormes cristaux d'un blanc laiteux un peu grisâtres qui fournissent des masses clivables atteignant 20 centimètres de longueur.

Dans tous ces gisements, la wernérite est une *scapolite* assez biréfringente. Le *dipyre* est plus rare; il forme des masses clivables d'un blanc de lait sur le sentier d'Ampanihy à Tranoroa.

Les pyroxénites de Volonandrongo renferment la scapolite, non seulement comme élément essentiel, mais encore à l'état de gros cristaux, à formes nettes (m, h^1, $b^{1/2}$), atteignant plusieurs centimètres suivant c; le Muséum doit même à M. Rossi un énorme cristal mesurant $0^m,40 \times 0^m,20$, il est creusé de cavités de plusieurs centimètres de longueur, laissées par la disparition de cristaux de diopside. Mais tandis que la scapolite entrant dans la constitution de la pyroxénite est intacte,

incolore, translucide et pourvue d'un éclat gras très éclatant, ces gros cristaux sont opaques et d'un blanc laiteux. Leur cassure est grenue, avec clivages brillants diversement orientés ; leur structure est miarolitique et dans les cavités qui les parsèment, on voit de petits cristaux transparents, aplatis, d'albite. L'examen microscopique montre qu'il ne reste plus rien du minéral primitif ; la scapolite est entièrement remplacée par de l'albite qui englobe des paillettes de muscovite et quelques grains de clinozoïsite. Parmi les nombreux types de pseudomorphoses de scapolite qui ont été décrits, celle en albite est une des plus rares ; elle a été signalée déjà à Kragerö (Norvège).

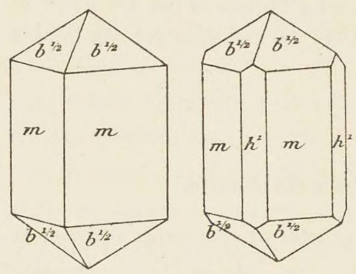


FIG. 473 et 474. — Wernérites. Forme habituelle.

Pegmatites.

Grâce à MM. Vieille-Koechlin et Rasamoel, j'ai pu décrire [89] une scapolite présentant des propriétés tout à fait inusitées ; elle constitue des cristaux quadratiques transparents, atteignant plusieurs centimètres de longueur ; les faces prismatiques sont profondément corrodées, la base est couverte de figures de corrosion coniques, en relief, lisses et brillantes (Pl. 27, fig. 5), qui rappellent celles du béryl de Sahanivotry, mais sans plans déterminables. Ces cristaux, vus à travers le prisme, sont d'un jaune clair et d'un jaune foncé à travers la base, l'absorption est donc $n_g > n_p$. Leur densité est de 2,67 ; M. P. Gaubert a mesuré les indices suivants :

	n_g	n_p	$n_g - n_p$
B.	1,5653	1,5452	0,0201
C.	1,5665	1,5459	0,0206
D.	1,5698	1,5490	0,0208
E.	1,5749	1,5530	0,0219

La composition chimique est la suivante (M. Raoult).

SiO^2	50,80
Al^2O^3	24,14
Fe^2O^3	10,11
FeO	0,90
MgO	0,09
CaO	12,06
SrO	0,09
Na^2O	5,43
K^2O	1,87
Cl	1,59
F	0,37
H^2O +	0,12
CO^2	2,71
	100,28

Cette composition fait de ce minéral une scapolite : c'est la première fois que le fer, le fluor et le strontium sont rencontrés dans un minéral de ce groupe.

Ces cristaux sont d'une transparence assez parfaite pour pouvoir être utilisés comme gemmes. D'après les renseignements que m'a fournis M. Rasamoel, ils ont été trouvés dans une pegmatite à Tsarasaotra, sur la rive droite de la Tsobohina, affluent de gauche du Jabo, à l'Est d'Ankazobe ; la même pegmatite renferme de l'euxénite, du béryl et de la monazite. C'est le premier et le seul exemple connu d'une scapolite hyaline trouvée dans une pegmatite.

Ce minéral a bien été signalé par M. Stansfield[1] comme élément d'une pegmatite, à son contact avec un calcaire, à la Walker Mine (Buckingham, Québec), au Canada ; mais elle s'y trouve à l'état pierreux.

SPHÈNE

(Si, Ti)CaO^5.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0{,}7545 : 1 : 0{,}8543$; $zx = 60°17'$; $mm = 113°30'$; $d^{1/2}\, d^{1/2}$ sur $o^1 = 136°11'$. Macles suivant h^1 fréquentes ; parfois macles polysynthétiques suivant p (001) ou $b^{1/4}$ ($\bar{2}21$), accompagnées de plans de séparation. Clivages m (110) distincts, h^1 (100), b^1 ($\bar{1}12$) difficiles.

Dureté. 5 à 5,5. *Densité.* 3,4 à 3,5.

Propriétés optiques. Jaune et brun rouge de diverses nuances et intensités. Poussière blanche. Éclat adamantin et résineux dans la cassure. Transparent ou translucide.

Optiquement positif, plan des axes optiques dans g^1 ; bissectrice aiguë presque perpendiculaire à o^2 (102). Très forte dispersion $\rho > v$; $2E = 32°$ à $88°$; $n_g = 2{,}0093$; $n_p = 1{,}8879$ (Na). Polychroïsme intense avec maximum suivant n_g, dans les variétés ferrugineuses.

Propriétés chimiques. La composition théorique est : SiO^2 30,6 ; TiO^2 40,8 ; CaO 28,6 ; généralement il existe un peu de FeO et parfois de MnO. Certaines variétés (*grothite*) renferment des quantités notables de Al^2O^3 et de terres cériques ou yttriques.

Au chalumeau, fond en un verre incolore ou légèrement coloré. Attaquable par l'acide sulfurique ; la solution donne les réactions du titane.

Diagnostic. Les formes, la haute réfringence (éclat adamantin) et la très forte biréfringence sont les caractères spécifiques du sphène.

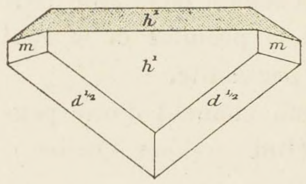
GISEMENTS

Abondant dans certaines roches éruptives (granites à amphibole, syénites, phonolites, etc.) et métamorphiques (amphibolites, etc.), comme élément macroscopique ou microscopique, le sphène se trouve à Madagascar dans quelques gisements sous une forme spécialement intéressante.

1. *Amer J. of Sc.*, t. XXXVIII, 1914, p. 37.

Contacts de roches éruptives.

J'ai rencontré dans le gîte cuprifère de Mandro des cristaux jaune citron de sphène, atteignant 2 centimètres ; ils sont toujours aplatis et maclés suivant h^1 (fig. 475 et 476) ; parfois les faces *m* sont absentes ; ces cristaux, rappelant ceux du Piémont et du Tyrol, sont englobés dans de la chlorite ou de la hornblende. Quelquefois il s'en rencontre d'autres dans des géodes, où ils sont associés à de l'albite et à de l'adulaire ; ils sont d'un brun rouge et translucides (macle h^1). Dans les roches métamorphiques de Samiresy, de petits cristaux de sphène, jaunes et ternes, sont accompagnés de hornblende.



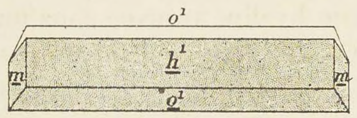


FIG. 475 et 476. — Sphène. Macle suivant h^1. Mandro.

L'hématite titanifère, en veinules à gangue quartzeuse, dans les micaschistes de la rivière Fanambana supporte parfois de jolis cristaux de sphène jaune de soufre (type de la figure 475).

Roches éruptives.

Pegmatites et dissogénites. — La pegmatite à betafite d'Ambatofotsy (Ouest-Sud-Ouest de Soavinandriana) renferme des pseudomorphoses de sphène ayant environ 5 centimètres qui m'ont été remises par M. Arsandaux ; elles sont constituées par le groupement à axes parallèles de cristaux du type représenté par la figure 477. Leur couleur est le gris de souris ; leur texture est poreuse. L'examen microscopique montre qu'elles sont formées de fines granulations ou d'aiguilles de rutile d'un brun rouge accompagnées de grains de quartz : des aiguilles très éclatantes du même minéral, visibles à l'œil nu, s'observent dans les cassures. L'analyse suivante a été faite par M. Pisani (*in* A. Lacroix. 74).

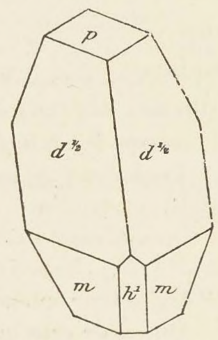


FIG 477. — Sphène d'Ambatofotsy.

SiO^2..	31,20
TiO^2.	47,20
Al^2O^3.	10,80
Fe^2O^3.	6,60
MgO.	1,84
K^2O.	0,56
P. F.	1,30
	99,50

On voit que les proportions de SiO^2 et de TiO^2 se sont modifiées par l'élimination d'un peu de silice ; la chaux a été complètement éliminée. Les autres éléments proviennent de la décomposition des feldspaths et micas voisins et se trouvent à l'état colloïde

Des cristaux de sphène (h^1, m dominants), atteignant 4 centimètres, se rencontrent dans la pegmatite d'Amborompotsy ; ils sont presque entièrement pseudomorphisés en une matière jaune, brillante sur certaines faces, terne sur d'autres. Dans les cassures fraîches apparaissent, çà et là, quelques grains intacts de sphène brun. Une transformation analogue s'observe dans les gros cristaux de sphène de la pegmatite à orthose jaune d'Itrongay.

L'altération de ces cristaux rappelle le minéral de l'Henderson C° (Caroline du Nord) qui a été appelé *xanthitane*[1] (produit jaune colloïde à structure concrétionnée).

C'est de pegmatites ou de dissogénites, associées à des cipolins, que proviennent des cristaux de sphène brun, aux dimensions énormes, recueillis dans la terre rouge de diverses localités ; ils présentent parfois encore des traces de gangue qui permettent de reconnaître la nature de leur gisement. C'est ainsi que dans les environs de Midongy de l'Ouest, des cristaux nets, mais superficiellement altérés, atteignent 12 centimètres suivant c ; ils sont fréquemment maclés suivant h^1 (fig. 478 ; Pl. 26, fig. 6) et résultent de la désagrégation d'une dissogénite à épidote. Dans le même gisement, ont été recueillis des fragments de cristaux, dépourvus de gangue, pesant jusqu'à $2^{kg},5$: leur surface est comme hachée et corrodée, mais à peine altérée sur moins d'un millimètre ; leur cassure est vitreuse et d'un brun jaunâtre. J'ai observé aussi [74] une belle macle, mesurant 8×6 centimètres ; un cristal plus grand formé, lui aussi, par l'emboîtement à axes parallèles de deux individus, en renferme un plus petit (fig. 479) ; ce cristal englobe de la hornblende.

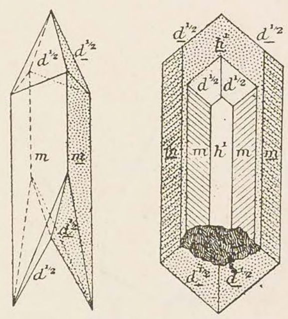


Fig. 478 et 479. — Sphène. Macle suivant h^1. Midongy.

Des fragments de cristaux du même genre, mesurant plus de 6 centimètres, se trouvent en différents points au Sud de la Mania, puis sur la frontière de l'Androy près de Bekily.

Enfin des blocs de la même variété de sphène, pesant environ 1 kilogramme, m'ont été remis par M. Garivier. Ils ont été recueillis, avec apatite verte, à Amba-

1. C. V. Shepard, *Amer J. of Science*, t. 22, 1856, p. 96.

lavaokely (région de Betroka), en même temps qu'une belle macle par accolement de deux cristaux de la forme *m*, $d^{1/2}$ (fig. 478), qui mesure 8 centimètres, suivant *c*.

L'analyse suivante a été faite par M. Pisani (*in* A. Lacroix) sur le sphène de ce dernier gisement.

SiO^2	31,00
TiO^2	35,40
Al^2O^3	4,00
Ce^2O^3	0,40
FeO	1,60
CaO	27,20
P. f.	0,66
	100,26

Syénites néphéliniques et phonolites. — J'ai rencontré de petits cristaux de sphène, d'un jaune de soufre, associés à des cristaux de grossulaire et d'analcime dans les cavités d'une syénite néphélinique (fig. 480 à 482).

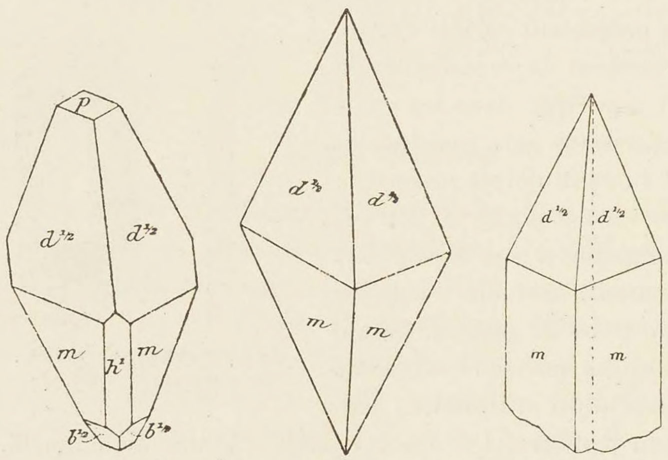


FIG. 480 à 482. — Sphène des roches alcalines.

Le même minéral n'est pas rare dans les phonolites de l'île, mais je ne l'ai vu en beaux cristaux dans aucune d'elles.

Schistes cristallins.

Calcaires cristallins et gneiss à pyroxène. — Des cristaux de sphène brun ($d^{1/2}$ dominant avec *p*, h^1 et parfois *m*, o^2, fig. 483, 484 et 485 et macle du type de la figure 475, mais plus allongée suivant *c*), de quelques millimètres se rencontrent dans les calcaires du pays Mahafaly et de l'Androy. Ils abondent aussi dans les agrégats silicatés et calcaires, riches en scapolite et wollastonite, notamment dans la vallée du Manambolo et dans le Haut Mandrare ; ces cristaux atteignent 4 centimètres.

A Mananjara, sur la rive gauche de la Manandona, des fragments de cristaux de sphène brun, pesant plusieurs centaines de grammes, se trouvent, avec

pyroxène et biotite, dans une région gneissique. Ils m'ont été communiqués par M. Rasamoel.

Enfin de très gros cristaux de sphène brun se trouvent dans la pyroxénite de

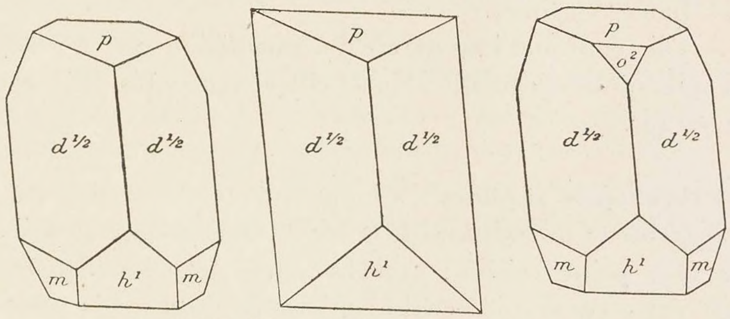


Fig. 483 à 485. — Sphène. Formes communes.

Volonandrongo ; mais je ne les ai vus qu'en fragments engagés, avec clinozoïsite et actinote, dans une opâle verdâtre.

TSCHEFFKINITE

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0{,}9238 : 1 : 0{,}4900$; $mm = 85°28'$ env. ; $pa^1 = 152°4'$; $pb^{1/2} = 144°10'$; $h^1h^3 = 155°14'$.

Cassure conchoïdale.

Dureté. 5 à 5,5. *Densité.* 4,22 (Itrongay), 4,49 (Itorendrika), 4,50 (Betroka).

Propriétés optiques. Noire de velours. Éclat vitreux et gras. Poussière brune. En lames minces d'un brun rouge de nuance plus ou moins foncée ; devient jaune quand l'altération par hydratation est très avancée. Le minéral est biaxe et polychroïque par place, mais le plus souvent isotrope.

Propriétés chimiques. La tscheffkinite est essentiellement un silicotitanate de terres cériques ; on trouvera plus loin deux analyses.

Au chalumeau, devient incandescente, puis fond sur les bords en un verre noir.

Attaquée par l'acide chlorhydrique en faisant gelée ; la solution donne énergiquement les réactions du titane, des terres cériques et du fer.

Diagnostic. La facilité de l'attaque (avec gelée) par HCl et l'intensité de la réaction du titane sont les meilleurs caractères distinctifs de ce minéral qui ressemble extérieurement à l'orthite.

GISEMENTS

Roches éruptives.

En 1912, j'ai signalé [64] l'existence de ce minéral rare dans deux gisements malgaches qui m'avaient été indiqués comme se trouvant l'un à l'Ouest de

Betroka, dans la région d'Itrongay et l'autre à l'Ouest d'Ambositra. Il y avait été rencontré dans la terre rouge, à l'état de fragments irréguliers, dépourvus de formes géométriques, comme dans les autres gisements où ce minéral était déjà connu (Oural, Indes, Virginie).

Depuis lors, j'ai réuni une importante documentation sur ce sujet. La tscheffkinite est un minéral des pegmatites, mais elle se rencontre dans deux catégories distinctes de ces roches.

Pegmatites syénitiques alcalines. — La première est constituée par la pegmatite syénitique à aegyrine et torendrikite de la région Ifasina-Itorendrika, sur les bords de l'Imorona, et de points voisins : Ambahy, entre Ambohimahatahotra et Marovoalavo ; c'est dans ce dernier centre qu'ont été trouvés le plus de cristaux. Grâce à MM. Arsandaux, Buhan, Moiret, Perrier de la Bathie, Ungemach, j'ai pu examiner un très grand nombre d'échantillons de ces gisements et pu montrer [75] que ce minéral est orthorhomblique.

La tscheffkinite accompagne la bastnaésite ; elle forme des blocs atteignant la grosseur de la tête et aussi de gros cristaux dont la dimension varie entre 10 centimètres et quelques centimètres de plus grande dimension. Malheureusement leurs faces sont toujours raboteuses et les mesures ne peuvent être faites que très grossièrement au goniomètre d'application. Il semble que les cristaux qu'a étudiés M. Ungemach [106] soient moins mauvais que ceux que j'ai décrits, aussi adopterai-je l'interprétation qu'il a proposée plutôt que celle que j'avais antérieurement choisie. On peut distinguer deux facies. Le premier est caractérisé par la prédominance de m (110) avec de petites facettes h^1 (100), g^1 (010) ; la base p (001) et $b^{1/2}$ sont constantes ; a^1 (101) est fréquente. Il semble parfois que le minéral soit hémimorphe par rapport à l'axe a, car $b^{1/2}$ et a^1 ou bien n'existent qu'à l'une des extrémités de cet axe, ou bien sont très inégalement développés ; il en est de même pour les prismes qui sont rarement identiques dans la partie antérieure et dans la partie postérieure des cristaux. La recherche de la pyroélectricité permettrait de savoir s'il s'agit là d'un véritable hémimorphisme ou simplement d'une malformation ; les essais ont fourni à cet égard des résultats négatifs, malheureusement la monoréfringence du minéral montre qu'il ne se trouve plus dans son état initial et par suite, il est impossible de tirer des conclusions de ce résultat négatif. Cet aspect hémimorphe se remarque aussi parfois dans les cristaux du second type, caractérisés par le grand développe-

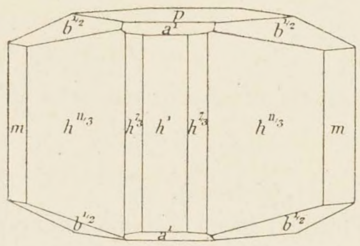


Fig. 486. — Tscheffkinite de l'Imorona.

ment de h^1, associé à h^3 (210) ou à d'autres prismes plus ou moins obtus, $h^{7/3}$ (520), $h^{9/5}$ (720), $h^{11/3}$ (740), avec ou sans m ; parfois, ce sont ces prismes très obtus qui dominent (fig. 486).

Par altération atmosphérique, cette tscheffkinite perd sa couleur noire et se transforme en une masse fragile, jaune ou d'un blanc crème.

Un très grand nombre de cristaux présentent un autre mode de transformation que je considère [75] comme d'origine pneumatolytique ; on constate en effet que sur les parties transformées, se sont développés, postérieurement à l'épigénie, des cristaux de quartz, des octaèdres de magnétite, des lames d'hématite. La discussion de la composition chimique des produits de transformation conduit en outre à la même interprétation.

La périphérie des cristaux de tscheffkinite (Pl. 27, fig. 1) est transformée en une matière finement fibreuse, d'un brun noir, que l'examen microscopique montre comme constituée par un mélange de cristaux fort petits de bastnaésite, englobant des aiguilles de rutile et des lames de crichtonite, plus ou moins rigoureusement disposées normalement aux faces extérieures du cristal ; il existe un peu de quartz. Il est facile de détacher cette croûte de la tscheffkinite intacte ou hydratée, quand la transformation n'a pas été totale. Dans la description que j'ai donnée de ces pseudomorphoses, j'ai montré que le rapport Ce^2O^3 : $(La, Di)^2O^3$ dans la tscheffkinite (1,0) et dans la bastnaésite (1,1) est sensiblement le même, la transformation dont il s'agit n'a pu se produire que grâce à des émanations magmatiques fluorées et carboniques qui se sont fixées sur les terres cériques et ont éliminé ceux des éléments n'existant qu'en petite quantité dans la tscheffkinite, ainsi que la plus grande partie de la silice ; l'acide titanique, mis en liberté, a cristallisé sous forme de rutile ou s'est combiné au fer pour donner de la crichtonite.

Bien que la tscheffkinite et la bastnaésite proviennent de la même roche et se trouvent toujours associées dans le même gisement, les gros cristaux de ces deux minéraux ne sont que très rarement réunis dans le même échantillon. Lorsque la tscheffkinite peut être recueillie dans une gangue, celle-ci n'est qu'exceptionnellement le microcline, le plus souvent, elle est constituée par de la calcédoine cloisonnée, résultant de la décomposition de ce feldspath, elle est associée à un peu de biotite et beaucoup plus rarement à l'aegyrine et à la torendrikité.

Je dois à M. Rossi un bel échantillon de tscheffkinite recueilli dans la terre rouge des environs de la rivière Andalona, à l'Ouest de Midongy de l'Ouest. Le même minéral aurait été trouvé à Itremo, continuation vers le Sud du gisement Ifasina-Itorendrika.

Pegmatites granitiques. — Dans l'Extrême-Sud de l'île, la tscheffkinite se

trouve dans le même type de roches que dans les gisements étrangers où elle est connue ; elle constitue un élément de pegmatites granitiques potassiques, ne renfermant, en fait de mica, qu'un peu de biotite. Elle s'y trouve en masses pesant plusieurs kilogrammes, au Nord-Est de la nouvelle prison de Betroka, à Isoanala.

Elle existe aussi dans de petites veines de pegmatite, intercalées entre le gneiss et la leptynite à Ianakafy, sur la rive gauche de l'Onilahy, en amont de Benenitra (avec perthite octaédrique de magnétite et de crichtonite) ; à Androngovato, entre Sahaninoka et Itrongay ; puis à Itrongay, dans la pegmatite à orthose ferrifère et diopside. Je n'ai vu aucune trace de formes cristallines dans la tscheffkinite de ces gisements.

Les deux analyses suivantes ont été faites par M. Pisani sur la tscheffkinite d'Itrongay (*a*) et d'Itorendrika (*b*). Je donne, comme comparaison, les analyses du même minéral : *c*) de Miask (Oural), par Hermann (*Bull. Soc. Moscou*, t. 39, 1866, p. 57) ; *d*) de Coromandel (en réalité de Kanjamalai Hill, district de Salem, Indes) ; *e*) du Bedford C° (Virginie), par Eakins (*Amer. Journ. of Science*, t. 42, 1891, p. 37).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*
SiO^2	18,60	22,80	20,68	19,03	20,21
TiO^2	19,30	16,10	16,07	20,96	18,78
ThO^2	0,83	0,57	20,91	»	0,85
Ce^2O^3	22,67	33,13	22,80	38,38	20,05
$(La, Di)^2O^3$	21,83	5,51			
Al^2O^3	3,35	7,00	»	7,72	»
Fe^2O^3	1,91	2,08	»	»	»
FeO	8,20	4,40	9,17	7,96	6,91
MgO	0,60	1,10	»	0,27	0,55
CaO	3,30	7,20[1]	3,25	4,40	4,05
H^2O	»	»	0,42	1,30	0,94
	100,59	99,89	100,00[1]	100,30[2]	99,50[3]
Densité	4,49		4,22		

EUDIALYTE

$(Si, Zr)^{20}O^{52}Cl(Ca, Fe)^{6}Na^{13}$.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique. $c = 2,116$; $pp = 73°30'$. Clivages $p\,(10\bar{1}1)$, plus ou moins distincts.

Dureté. 5 à 5,5. *Densité*. 2,9 à 3,1.

1. Y compris Y^2O^3 3,45.
2. Y compris MnO 0,38.
3. Y compris Ta^2O^5 0,08.

Propriétés optiques. Rose carmin, brune plus ou moins rouge, jaune. Structure zonaire fréquente. Poussière incolore ou jaunâtre. Transparente en lames minces. Éclat vitreux.

Optiquement positive (*eudialyte*) ou négative (*eucolite*); ces deux types coexistent quelquefois dans un même cristal; ils sont alors réunis par une zone de compensation, isotrope. $n_g = 1{,}6205$; $n_p = 1{,}6178$; la biréfringence est donc extrêmement faible. Polychroïsme intense dans les variétés roses, avec maximum suivant l'axe vertical, quel que soit le signe optique.

Propriétés chimiques. La composition est complexe. On trouvera plus loin la description d'une variété qui renferme une grande quantité de cérium, alors que dans tous les types connus jusqu'ici, ce corps n'existe qu'à l'état accessoire (quelques unités pour cent).

Fond en un verre clair, opaque et en colorant la flamme en jaune.

Fait gelée avec HCl, la solution étendue colore en orange le papier de curcuma (ZrO^2).

Diagnostic. Le polychroïsme joint à la forme rhomboédrique, est caractéristique et permet la distinction avec les grenats biréfringents qui, en outre, ont une réfringence plus grande.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Syénites néphéliniques. — J'ai signalé autrefois [131] comme élément microscopique l'eudialyte d'un beau rose, en voie de transformation en *catapléite*, dans la syénite néphélinique à aegyrine de la rive droite de la Berondra, à la base orientale du mont Andevenanaomby (massif du Bezavona). J'ai retrouvé en place cette roche qui, localement, renferme l'eudialyte en assez grande abondance pour qu'il soit possible de la voir à l'œil nu, sous forme de petits cristaux d'un beau carmin; ils sont irrégulièrement distribués et se concentrent par taches.

J'ai rencontré aussi [131], dans les syénites néphéliniques à aegyrine d'Ampangorinana (Nosy Komba), un minéral se rapprochant beaucoup du précédent, mais en différant par une biréfringence cinq fois plus grande ($n_g - n_p = 0{,}01$). Aucun membre de la famille de l'eudialyte aussi biréfringent n'étant connu alors, j'avais fait quelques réserves sur cette détermination, mais la découverte du gisement suivant est venue lever ces doutes.

Fasibitikite. — J'ai pu montrer en effet récemment [84 et 147] que la roche granitique à aegyrine aciculaire d'Ampasibitika que j'ai appelée *fasibitikite* renferme, comme élément essentiel constant, un minéral de la famille de l'eudialyte, en petits cristaux de 1 à 2 millimètres, d'un rose très pâle qui, dans les variétés de fasibitikite à riebeckite, est jaune chamois. Ce minéral est zoné, possède une densité 2,97 et un indice $n_g = 1{,}643$, plus grands que ceux de l'eudialyte normale.

Ce minéral présente des pseudomorphoses en zircon et en quartz dont il sera question tome II dans l'étude de la fasibitikite. Leur existence dans certains gra-

nites à riebeckite du même gisement fait penser que ce minéral a dû aussi exister dans ces roches.

Je ferai remarquer en terminant que c'est là le premier exemple de l'existence d'une eudialyte dans une roche granitique, ces minéraux étaient considérés jusqu'ici comme localisés dans les syénites néphéliniques.

L'analyse n'a pu être faite qu'en attaquant par les acides le minéral concentré, à l'aide de l'iodure de méthylène, avec les autres minéraux lourds de la roche (il n'a pas été possible de les séparer les uns des autres, la plupart des grains étant hétérogènes). L'analyse a fourni les résultats suivants (M. Pisani) :

SiO^2	40,0
ZrO^2	16,4
$(Ce, Li, Di)^2O^3$	22,5
FeO	5,6
MnO	0,1
CaO	6,1
Na^2O	6,6
	97,3

La perte est probablement due à du chlore et à de l'eau qui n'ont pu être recherchés à cause des conditions dans lesquelles a été effectuée l'analyse. On reconnaît là les caractères généraux de la composition chimique des eudialytes, mais il y a moins de silice, de chaux et de soude et considérablement plus de terres cériques. Il semble que ce soit là une eucolite cérique.

CATAPLÉITE

$(SiO^3)^3 [Zr(OH)^2] (Na^2, Ca) H^2$

Ce silico-zirconate de sodium est hexagonal (pseudo), optiquement positif, très biréfringent et assez réfringent ($n_g = 1,6270$; $n_p = 1,5920$).

Je ne l'ai pas rencontré en échantillons macroscopiques à Madagascar, mais seulement sous forme de petites tables microscopiques, à formes nettes, épigénisant l'eudialyte d'Andevenanaomby.

VI. SILICATES HYDRATES

ZÉOLITES

Les zéolites sont des silicates hydratés dans lesquels l'eau se trouve à un état très spécial, de telle sorte qu'elle peut être chassée, puis reprise sans que le réseau cristallin soit détruit. A l'exception d'un seul cas (voir à *analcime*), les zéolites sont des minéraux secondaires, formés dans des fentes ou dans le corps même des roches les plus diverses par suite de leur altération.

Les basaltes constituent un de leurs gisements principaux et il est fort vraisemblable que l'exploration des formations volcaniques de l'Ouest permettra de multiplier beaucoup le nombre des gisements énumérés plus loin. Il est possible en effet d'entrevoir dans les descriptions de quelques voyageurs l'existence de ces minéraux dans des gisements où ils n'ont pas été déterminés exactement. C'est ainsi que M. Levat a signalé [223] l'abondance de zéolites, sans plus d'indication, dans le gisement cuprifère d'Ambatomainty, peu éloigné de celui de Bekiady dont il est question plus loin.

THOMSONITE

$$Si^2O^8Al^2(Ca,Na^2) + 2H^2O.$$

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0,9925 : 1 : 1,0095$; $mm = 90°25'$. Clivages : g^1 (010) parfait, h^1 (100) difficile ; traces suivant p (001).

Dureté. 5 à 5,5. *Densité.* 2,3 à 2,4.

Propriétés optiques. Incolore, blanche, jaune ou rougeâtre. Transparente ou translucide. Éclat vitreux un peu nacré. Éclat soyeux dans les variétés fibreuses (*mésole*).

Optiquement positive ; plan des axes optiques parallèle à p. La bissectrice aiguë est perpendiculaire à g^1. $n_g = 1,525$; $n_m = 1,503$; $n_p = 1,498$; $2V = 53°$.

Propriétés chimiques. La composition théorique, dans le cas où $CaO : Na^2O = 1 : 1$, est SiO^2 36,8 ; Al^2O^3 31,3 ; CaO 8,6 ; Na^2O 9,5 ; H^2O 13,8.

Fond avec gonflement en un émail blanc.

Fait gelée avec HCl.

Diagnostic. La caractéristique de la thomsonite, parmi les zéolites, réside dans sa haute biré fringence et dans la position du plan des axes optiques, transversal à l'allongement.

GISEMENTS

La thomsonite se rencontre à Madagascar, surtout à l'état fibreux (*mésole*); elle constitue des masses à surface mamelonnée ou botroyde. Je l'ai trouvée, recouverte de cristaux de chabasie, dans les basaltes à grands cristaux de plagioclases des ravins du flanc Est du mont Tsiafajavona. Elle existe aussi, mais associée à la christianite, dans le basalte de la baie des Amis (près Diego-Suarez).

Dans les basaltes du Plateau d'Antanimena, entre la Mahavavy et la Betsiboka, il existe des rognons, mis en liberté par la décomposition de la lave, dont la partie centrale est constituée par de longs cristaux enchevêtrés de mésotype incolore reposant sur une croûte fibreuse de thomsonite, que terminent quelquefois de petites aiguilles aplaties suivant h^1 et présentant la face p.

GROUPE DE LA NATROLITE

MÉSOTYPE

$Si^3O^{10}Al^2Na^2 + 2H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Orthorhombique. $a : b : c = 0{,}98270 : 1 : 0{,}35201$; $mm = 91^\circ$ Clivages parfaits suivant m (110), imparfaits suivant g^1 (010).

Dureté. 5 à 5,5. *Densité.* 2,2 à 2,5.

Propriétés optiques. Incolore, blanche, jaune ou rougeâtre. Eclat vitreux. Transparente ou translucide.

Optiquement positive; plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë parallèle à c. $n_g = 1{,}4887$; $n_m = 1{,}4797$; $n_p = 1{,}4768$. $2V = 59^\circ 29'$.

Propriétés chimiques. La composition théorique est SiO^2 47,4 ; Al^2O^3 26,8 ; Na^2O 16,3 ; H^2O 9,5.

Fusible à la flamme d'une bougie en un verre incolore.

Fait gelée avec les acides.

Diagnostic. Se distingue des autres zéolites fibreuses par la valeur de sa biréfringence, jointe au signe positif de son allongement, l'extinction parallèle aux fibres et la perle incolore qu'elle donne au chalumeau.

GISEMENTS

Roches néphéliniques. — La mésotype est fréquente comme élément microscopique d'origine secondaire dans les roches à néphéline de la Colonie, mais



1



2



3



4



5



6

Clichés Cintract et Fallou. Imp. Catala frères, Paris.

Tscheffkinite en voie de transformation ; Itorendrika (fig. 1). — ***Mésotype*** ; Ambatomainty (fig. 2). ***Analcime*** sur ***gmelinite*** ; Bekiady (fig. 3). — ***Laumontite*** ; Mananjary (fig. 4). — ***Scapolite*** (figures de corrosion sur *p*) ; Tsarasaotra (fig. 5). — ***Gmelinite*** ; Bekiady (fig. 6).

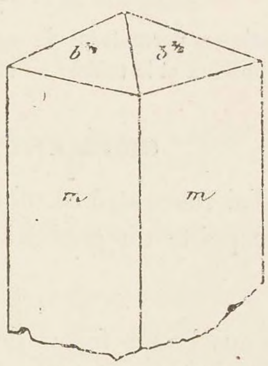
A. CHALLAMEL, ÉDITEUR

dans aucune d'entre elles, je ne l'ai trouvée en échantillons dignes d'être notés.

Roches volcaniques. — C'est dans les basaltes que sont ses gisements. A l'îlot Ankazoberavina, elle constitue des masses fibreuses qui accompagnent l'analcime, la heulandite et le quartz.

Dans le basalte cuprifère de Bekiady, abondent des masses fibreuses, souvent groupées autour d'un centre, dont les aiguilles atteignent 3 centimètres de longueur et se terminent par des pointements distincts, transparents : $m(110)$, $h^1(100)$, $g^1(010)$, $b^{1/2}(111)$; ces cristaux offrent une grande analogie d'aspect avec ceux du Puy de Marman (Puy-de-Dôme) (fig. 487 et 488). Souvent incolores, ces cristaux sont quelquefois colorés en jaune ou en rougeâtre par des inclusions ferrugineuses. Ils accompagnent fréquemment l'analcime et la gmélinite et, dans ce cas, ils sont postérieurs à ces minéraux. Dans la même région, sur les bords de la Hopy, la mésotype fibreuse est associée à l'analcime. Ces zéolites sont souvent colorées en vert par des imprégnations cuprifères.

J'ai décrit aussi [47] de beaux échantillons de mésotype que je dois à M. Perrier de la Bathie, qui les a recueillis sur une butte de diabase, à 2 kilomètres au Sud du poste d'Ambatomainty près Ankilahila, sur la Mahakamba. Ils constituent des masses fibreuses ou des cristaux de 4 à 5 centimètres, empilés les uns sur les autres ou enchevêtrés pour former des masses cloisonnées ou bacillaires (Pl. 27, fig. 2).



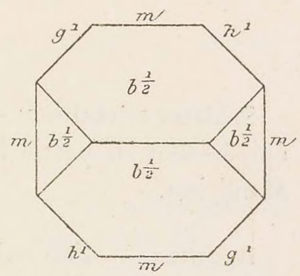


FIG. 487 et 488. — Mésotype. Formes communes.
Fig. 488, projection sur la base de la figure 487, mais avec inégal développement de $b^{1/2}$.

Cette mésotype recouvre parfois de la stilbite ; elle est dans quelques cas associée à de l'analcime et à de la laumontite de formation plus récente. L'examen microscopique fait voir que la roche qui sert de gangue à ces zéolites est elle-même envahie par la mésotype fibreuse, qui épigénise ses plagioclase.

C'est probablement du même genre de gisement que proviennent de très jolis cristaux transparents (5 centimètres $\times$ 2 millimètres) que m'a communiqués M. Gallet; ils ont été recueillis au Sud du gisement précédent, à Andebadeba.

J'ai signalé plus haut que les géodes de thomsonite du plateau d'Antanimena renferment souvent de belles aiguilles enchevêtrées de mésotype.

SCOLÉCITE

$Si^3O^{10}Al^2Ca + 3H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0,97663 : 1 : 0,33934$; $zx = 88°50'$; $mm = 91°22'$. Macle suivant h^1 (100). Clivages parfaits suivant m (110).

Dureté. 5 à 5,5. *Densité.* 2,16 à 2,4.

Propriétés optiques. Incolore, blanche. Transparente à translucide. Éclat vitreux ou soyeux dans les variétés fibreuses.

Optiquement négative ; plan des axes optiques parallèle à g^1 (010) ; la bissectrice aiguë fait dans $g^1 + 15°$ avec c ; $n_g = 1,4952$; $2E = 53°$ env.

Propriétés chimiques. La composition théorique est SiO^2 45,9 ; Al^2O^3 26,0 ; CaO 14,3 ; H^2O 13,8.

Au chalumeau, blanchit, gonfle et fond en un verre blanc bulleux, à peine translucide.

Fait gelée avec HCl.

Diagnostic. Les propriétés optiques permettent de distinguer la scolécite de la mésotype et de la thomsonite. Le verre blanc bulleux et la teneur en chaux sont aussi distinctifs de la mésotype.

GISEMENTS

Schistes cristallins. — J'ai rencontré ce minéral sous forme de fibres blanches, épigénisant en partie la scapolite du gneiss à pyroxène d'Antetezantany, sur la Mandrina.

Basaltes. — Elle existe aussi sous forme de globules à fibres très serrées (rappelant celles du mésole) dans les cavités du basalte d'Antsirane (au-dessous de l'Hôtel des Mines).

MÉSOLITE

La mésolite peut être considérée, au point de vue chimique, comme un mélange en proportions variables de mésotype et de scolécite. Elle présente les mêmes caractères extérieurs que ces minéraux, mais les propriétés optiques montrent qu'elle est en réalité *triclinique*. La propriété essentielle, permettant d'établir son diagnostic différentiel avec les deux minéraux précédents, consiste en ce que le plan des axes optiques est transversal à l'allongement et qu'un axe optique est sensiblement perpendiculaire à chacun des clivages prismatiques. Il en résulte que les aiguilles, écrasées entre deux lames de verre, sont presque monoréfringentes en lumière polarisée parallèle. La densité varie de 2,2 à 2,4.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Basaltes. — J'ai rencontré la mésolite sous forme de petites aiguilles blanches, légères, enchevêtrées comme les fibres de la ouate, dans des géodes tapissées par de la heulandite, jaune orangée, qui abondent dans le basalte très altéré de Sakantaha près Antalaha.

Le même minéral forme des sphérolites, à fibres très serrées, dans les cavités d'un basalte, entre le col de Bonne-Nouvelle et Anamakia dans le massif d'Ambre.

HEULANDITE

$(SiO^3)^6 Al^2CaH^4 + 3H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0{,}40347 : 1 : 0{,}85858$; $zx = 88°34'$; $mm = 136°4$. Clivage parfait suivant g^1 (010).

Dureté. 3,5 à 4. Fragile. *Densité.* 2,18 à 2,26.

Propriétés optiques. Blanche, jaune, quelquefois rouge (inclusions ferrugineuses). Éclat vitreux, nacré sur le clivage.

Optiquement positive ; plan des axes optiques perpendiculaire à g^1, parallèle ou perpendiculaire à p. 2E = variable (0 à 92°). Dispersion croisée : $n_g = 1{,}505$; $n_m = 1{,}499$; $n_p = 1{,}498$.

Propriétés chimiques. La composition théorique est SiO^2 59,2 ; Al^2O^3 16,8 ; CaO 9,2 ; H^2O 14,8.

Au chalumeau gonfle et fond en un émail blanc.

Décomposée par HCl en donnant de la silice pulvérulente.

Diagnostic. La caractéristique consiste dans le clivage facile, donnant des lames unies et non ondulées, comme celles de la stilbite ; ces lames sont perpendiculaires à la bissectrice aiguë et non parallèles au plan des axes comme pour la stilbite.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Basaltes. — De beaux cristaux de heulandite, atteignant 3 centimètres, sont associés à l'analcime, à la mésotype et au quartz dans les basaltes de l'îlot d'Ankazoberavina. Ils ont les formes communes ; aplatis suivant g^1 (010), ils présentent p, o^1 (101), a^1 ($\bar{1}01$) et parfois de petites facettes m (110).

C'est aussi la forme de jolis cristaux nacrés qui sont fréquents dans les vacuoles des basaltes du plateau d'Antanimena.

Le même minéral abonde dans les basaltes de Bekiady ; ses cristaux sont plus petits que ceux des autres zéolites auxquels ils sont assez rarement associés. Ils se trouvent généralement seuls dans des géodes, ou sont implantés sur de la cuprite.

J'ai trouvé aussi de jolis cristaux de heulandite, superficiellement noircis par un enduit ferromanganésifère, dans un basalte transformé en terre rouge, tachetée de vert, recueilli entre la Tsimborotra et le Manombo (entre le Manambao et le Manambolo).

Enfin, des cristaux de heulandite incolore sont associés à la calcite ou à la chabasie dans des géodes quartzeuses du basalte de Vangaindrano ; ce gisement a fourni de fort jolis échantillons.

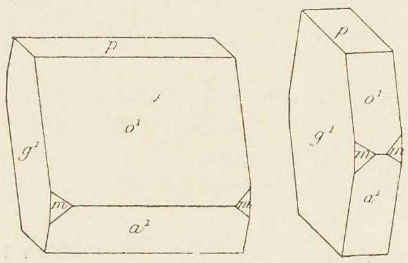


FIG. 489 à 491. — Heulandite. Formes communes.

La heulandite remplit entièrement les cavités de la labradorite entre le Sahabe et Lohoka, sur la côte orientale.

Sur la même côte, un basalte en coulée entre Amboanio et le village de Fanambana renferme des mouches de cuivre natif ; au microscope, on constate, grâce à la magnétite de la pâte, la silhouette de microlites de feldspath et de phénocristaux de minéraux disparus ; ils sont épigénisés par de petites lames de heulandite : des cristaux plus gros du même minéral remplissent les cavités de cette lave. Des cristaux, d'un jaune orangé, de heulandite tapissent dans le basalte de Sakantaha, près Antalaha, des géodes qu'achèvent de remplir de fines aiguilles de mésolite.

Schistes cristallins.

Pyroxénites. — Les pyroxénites de Volonandrongo renferment des cavités dans lesquelles le diopside, vert pâle, à grands éléments, est recouvert de petits cristaux (2 à 5 millimètres) enchevêtrés de heulandite d'un blanc un peu jaunâtre ; ils supportent ou englobent des houppes d'asbeste. Ces cristaux, possédant la forme normale, sont parfois polysynthétiques et plus ou moins tordus.

CHRISTIANITE

$(SiO^3)^4Al^2(K^2,Ca) + 4,5\ H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0,7018 : 1 : 1,2180$; $zx = 55°11'$; $mm = 120°6'$. Macle cruciforme constante suivant p (*macle de la morvenite*), généralement combinée par groupement en croix de deux individus, unis par une face voisine de e^1 (011), e^1e^1 étant voisin de 90°. Ces groupements peuvent se produire suivant plusieurs modes ; les deux principaux sont les suivants : 1° les faces g^1 des cristaux sont à l'extérieur du groupement (*macle de Marburg*, *fig.* 492) ; 2° les faces p sont à l'extérieur (*macle de Perrier*, *fig.* 493). On voit par les figures données ci-dessous que la direction des stries des faces m permet de distinguer les deux cas l'un de l'autre ; ces macles présentent ou non des angles rentrants. Enfin trois de ces macles cruciformes peuvent se grouper à angle droit (*macle de Stempel*) (*fig.* 494) ; quand les angles rentrants disparaissent, il se produit un pseudorhombododécaèdre (*fig.* 495). Clivages suivant p (001) et g^1 (010).

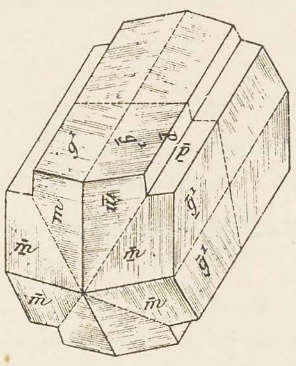


FIG. 492. — Christianite. Macle de Marburg.

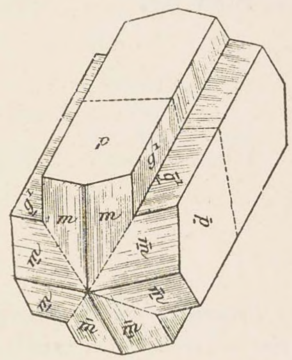


FIG. 493. — Christianite. Macle de Perrier.

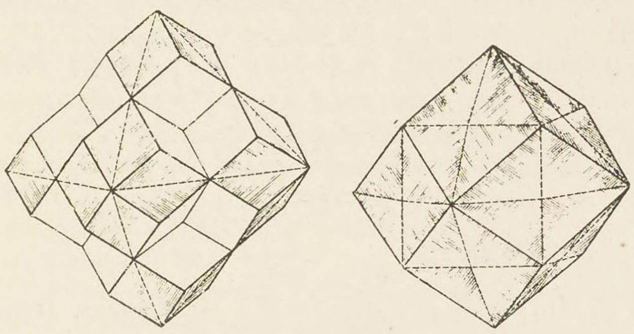


FIG. 494 et 495. — Macle triple de Stempel.

Dureté. 4 à 4,5. *Densité.* 2,2.

Propriétés optiques. Incolore ou blanc laiteux. Éclat vitreux. Transparente ou translucide.

Optiquement positive ; plan des axes optiques parallèle à g^1 ; dans cette face, la bissectrice aiguë fait, avec p, un angle de — 11 à — 30°.

Propriétés chimiques. La composition théorique est SiO^2 48,8 ; Al^2O^3 20,7 ; CaO 7,6 ; K^2O 6,4 ; H^2O 16,5, dans le cas, fréquent, où $Ca : K^2 = 2 : 1$.

Au chalumeau, fusible en un émail blanc. Fait gelée avec HCl.

Diagnostic. Les macles sont caractéristiques ; elles sont communes à l'harmotome, mais celui-ci renferme du baryum au lieu de calcium.

GISEMENTS

Basaltes. — J'ai rencontré de petits cristaux, blancs laiteux, de christianite présentant les macles de Marburg et de Stempel dans le basalte de la baie des Amis (baie de Diego-Suarez) et dans les cavités de l'ankaratrite du Sud d'Ambohimahavony, sur le bord du sentier conduisant à Arivonimamo.

Je l'ai vue aussi dans des échantillons de néphélinite d'un gisement non précisé de Nosy Be.

STILBITE

$(SiO^3)^6Al^2(Na^2,Ca)H^4 + 4\ H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 0{,}76234 : 1 : 1{,}19424$; $zx = 50°50'$; $mm = 118°50'$. Les cristaux de stilbite présentent toujours une macle analogue à celle de la morvenite de la christianite ; les cristaux sont aplatis suivant g^1 et ont une apparence orthorhombique. Clivage facile suivant g^1, mais donnant des lames gondolées.

Dureté. 3,5 à 4. *Densité.* 2,1 à 2,2.

Propriétés optiques. Blanche ou plus ou moins laiteuse, parfois jaune, brune ou rouge (inclusions ferrugineuses). Eclat vitreux, nacré sur le clivage. Transparente ou translucide.

Optiquement négative ; plan des axes optiques parallèle à g^1. La bissectrice aiguë fait $+ 5°$ avec la trace de p ; $n_g = 1{,}500$; $n_m = 1{,}498$; $n_p = 1{,}494$; $2V = 33°$ env.

Propriétés chimiques. La composition théorique est SiO^2 57,4 ; Al^2O^3 16,3 ; CaO 7,7 ; Na^2O 1,4 ; H^2O 17,2.

Au chalumeau, s'exfolie, gonfle, puis fond en émail blanc.

Décomposée par HCl sans faire gelée.

Diagnostic. Voir à *heulandite*.

GISEMENTS

Basaltes et diabases. — La stilbite paraît peu abondante à Madagascar. Je ne l'ai vue en effet que dans les gisements suivants.

Dans les basaltes de Bekiady, elle constitue des cristaux translucides de 1 centimètre, recouvrant l'analcime et la mésotype ; la figure 496 représente sa forme habituelle.

A Ambatomainty, près Ankilahila, elle forme de grosses masses fibrolamellaires recouvertes par de la mésotype ou de la laumontite dans les fentes d'une diabase.

Le même minéral se présente, en lames nacrées, associées à la pyrite, dans les fissures d'une diabase entre Ifanadiana et Ambodihazo, sur la route de Fianarantsoa à Mananjary.

Un gisement remarquable est celui que j'ai signalé [28] dans les environs de Vangaindrano ; la stilbite, associée à la laumontite et à la calcite, forme de petits cristaux et des masses flabelliformes jaune d'or (la longueur des lames atteint 2 centimètres) dans les géodes quartzeuses d'un basalte doléritique.

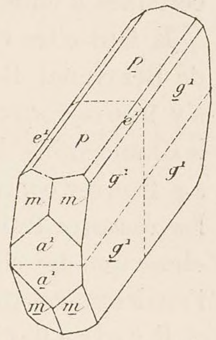


Fig. 496. — Stilbite. Forme commune.

Syénites néphéliniques. — Enfin, la stilbite forme des croûtes fibrolamellaires, associées à l'analcime, dans quelques syénites néphéliniques du massif de Bezavona.

ANALCIME

$(SiO^3)^4Al^2Na^2 + H^2O$.

Formes cristallographiques. Pseudocubique. Clivage plus ou moins net suivant p (001).

Dureté. 5 à 5,5. *Densité.* 2,22 à 2,27.

Propriétés optiques. Incolore, blanche, ou jaune rose. Eclat vitreux. Transparente ou translucide. Présente généralement une biréfringence faible, avec groupements à angle droit de cristaux pseudoquadratiques (en réalité rhombiques) ; $n = 1,4874$.

Propriétés chimiques. La formule habituelle a été doublée, afin de mettre en évidence la parenté avec la chabasie qui renferme seulement 4 molécules d'eau en plus. La composition théorique est SiO^2 54,5 ; Al^2O^3 23,2 ; Na^2O 14,1 ; H^2O 8,2.

Au chalumeau, fond en un verre incolore.

Fait gelée avec HCl.

Diagnostic. La forme de l'analcime est très caractéristique. L'existence de l'eau et celle du sodium (au lieu du potassium) établit la distinction avec la leucite qui se présente aussi en trapézoèdres.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Roches alcalines. — L'analcime abonde dans toutes les roches alcalines de l'île et particulièrement dans celles de la province d'Ampasindava (*syénites, monzonites,*

microsyénites néphéliniques, théralites, phonolites) ; elle est caractéristique de certaines d'entre elles (bekinkinites, monchiquites).

Il faut citer comme gisements les plus remarquables Nosy Komba, le massif de Bezavona, Bekotapo. L'analcime y épigénise la néphéline et la sodalite et s'y trouve souvent en cristaux macroscopiques dans des cavités. Dans les syénites, les monzonites néphéliniques et les monchiquites, elle paraît, au moins en partie, s'y trouver comme élément primaire. Les larges plans brillants qui se voient sur les cassures fraîches de certaines tinguaïtes (Bezavona, Bekotapo) ne sont autre chose que des clivages cubiques de ce minéral. Dans ces divers types lithologiques, l'analcime est uniformément distribuée dans la roche.

Il y a lieu de citer une monchiquite du ravin d'Antsohanina (massif du Bezavona) dans laquelle l'analcime se trouve dans des géodes sous forme de gros trapézoèdres (a^2) d'un blanc laiteux, recouverts par de petits cristaux de prehnite et d'épidote.

Basaltes. — Dans les basaltes, l'analcime n'est pas rare sous la même forme ; elle accompagne la mésotype dans celui de l'îlot Ankazoberavina, mais le gisement le plus remarquable de Madagascar est celui des basaltes cuprifères de Bekiady. Les cristaux d'analcime, d'un blanc rosé ou d'un blanc éclatant, atteignent la grosseur d'une noix : ils forment quelquefois par leur réunion de petites masses isolées de toute gangue, grâce à l'altération de la roche ambiante ; ces trapézoèdres d'un beau blanc sont parfois implantés sur des cristaux rosés de gmélinite (Pl. 26, fig. 3) et recouverts par des cristaux de mésotype.

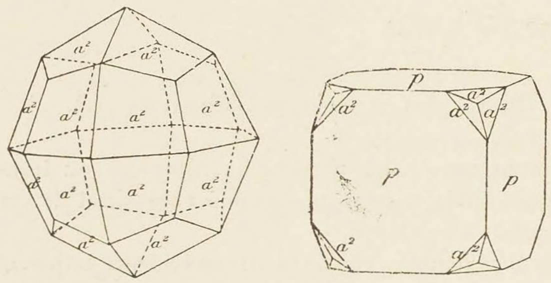


Fig. 497 et 498. — Analcime. Formes communes.

L'association de l'analcime à la mésotype a été constatée dans les mêmes conditions sur le bord de la Hopy ; l'analcime y est souvent colorée en vert par des imprégnations cuprifères.

De beaux cristaux (fig. 497 et 498) translucides se trouvent dans un basalte vacuolaire de la côte Nord-Est, entre Bemarivo et le Sahambava ; enfin des cristaux incolores de même forme, aussi limpides que ceux des îles Cyclopes, tapissent les cavités et les diaclases du basalte cuprifère d'Andrakaraka, à 3 kilomètres Ouest d'Antalaha.

Diabases. — Dans les cavités de la diabase d'Ambatomainty, près Ankilahila, l'analcime forme des masses translucides associées à la mésotype.

CHABASIE

$(SiO^3)^4Al^2(Ca, Na^2) + 6\ H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Rhomboédrique. $c = 1{,}086$; $pp = 94°45'$. Macles par pénétration ou par accolement suivant a^1, avec rotation autour de l'axe ternaire (fig. 501) ; le nom de *phacolite* est réservé aux cristaux dans lesquels cette macle est constante, avec p (1011) dominant, associé à d'autres rhomboèdres ; celui de *gmélinite* a été donné à une variété à facies pseudo-hexagonal, grâce à des macles (fig. 503), le plan de combinaison est p. Macle suivant p parfois binaire (fig. 502) avec axe de rotation perpendiculaire. Clivages distincts suivant p et parfois aussi suivant m.

Dureté. 4 à 5. *Densité*. 2,08 à 2,17.

Propriétés optiques. Incolore, blanc plus ou moins laiteux, jaune ou rouge clair. Éclat vitreux très vif. Transparente ou translucide. L'examen des propriétés optiques montre que le réseau est en réalité triclinique, avec des macles complexes de types variés. La bissectrice aiguë reste plus ou moins voisine de l'axe pseudoternaire. Le signe optique est tantôt positif, tantôt négatif. La biréfringence est très faible ; $n_g = 1{,}488$.

Propriétés chimiques. Dans la formule donnée plus haut, de grandes variations s'observent dans le rapport CaO : Na^2O. Dans le cas de CaO : $Na^2O = 1{,}1$, la composition est la suivante : SiO^2 47,2 ; Al^2O^3 20,0 ; CaO 5,5 ; Na^2O 6,1 ; H^2O 21,2 ; il existe des types uniquement calciques.

Au chalumeau, fond avec bouillonnement en un verre plus ou moins opaque.

Décomposée par HCl avec dépôt de silice floconneuse.

Diagnostic. La forme rhomboédrique est caractéristique pour cette zéolite.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Basaltes. — A Madagascar, je n'ai rencontré la chabasie proprement dite que dans les cavités des roches volcaniques altérées, notamment dans les basaltes du massif d'Ambre (vallée de la Betaitra, Anamakia, etc.) et surtout dans l'Ankaratra ; elle y est particulièrement fréquente dans les basaltes à grands cristaux de plagioclases des ravins séparant le Tsiafakafo du Tsiafakafokely et dans ceux du flanc oriental du Tsiafajavona.

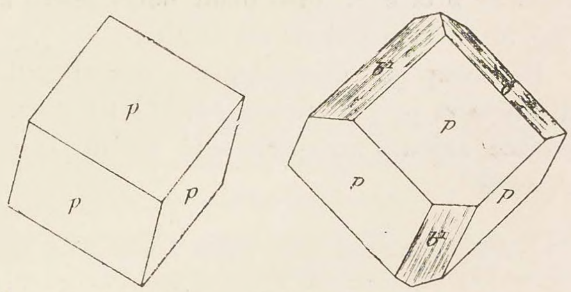


FIG. 499 et 500. — Chabasie. Formes communes.

Plus au Sud-Ouest, dans le village même d'Ambodinampahitra (Antsampandrano), j'ai recueilli un basalte

dont toutes les cavités sont à ce point remplies par de la chabasie que dans certains échantillons cette zéolite constitue presque un tiers de la roche.

Dans tous ces gisements, la chabasie se présente en rhomboèdres incolores (fig. 499 et 500) avec fréquemment la macle par rotation autour de l'axe ternaire avec pénétration (fig. 501) et plus rarement la macle suivant *p* (fig. 502).

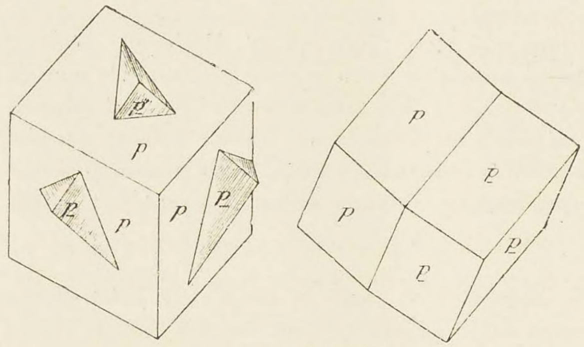


Fig. 501 et 502. — Chabasie. Macle par rotation autour de *c* (fig. 501). Macle suivant *p* (fig. 502).

Dans ces divers gisements la chabasie n'est accompagnée d'aucun autre minéral ; par contre, dans la région de Vangaindrano, ses cristaux sont implantés sur du quartz et parfois associés à de la heulandite, mais rarement implantés sur celle-ci.

Je ne connais à Madagascar qu'un seul gisement de la variété *gmélinite,* mais il fournit les plus beaux cristaux de ce minéral que j'ai eu l'occasion de voir. Il s'agit du basalte cuprifère de Bekiady ; j'ai signalé ce minéral pour la première fois dans une étude [28] consacrée aux récoltes de Prince. Ces cristaux sont, ou bien isolés de toute gangue et mesurent de 1 à 2 centimètres (Pl. 27, fig. 6), ou bien groupés et ils atteignent alors 5 centimètres de diamètre. Ils supportent parfois de gros trapézoèdres d'analcime dont la blancheur tranche sur leur couleur jaune rosé (Pl. 29, fig. 3). Ces cristaux sont un peu caverneux et uniformément constitués par les rhomboèdres *p* et $e^{1/2}$, également développés, auxquels s'ajoutent souvent *a* et e^2 (fig. 503). Leur densité est de 2,04 à 2,07.

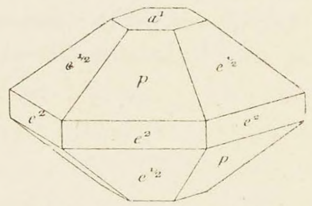


Fig. 503. — Gmélinite de Bekiady.

Beaucoup de minéralogistes considèrent la gmélinite comme une espèce distincte et je l'ai traitée comme telle dans ma *Minéralogie de la France* ; il semble aujourd'hui préférable de ne la regarder que comme une variété de chabasie [1].

1. Cf. G. F. H. Smith. *Miner Magaz. London,* XVII, 1916, 283.

LAUMONTITE

$Si^4O^{14}Al^2CaH^4 + 2H^2O$.

Propriétés cristallographiques. Monoclinique. $a : b : c = 1,1459 : 1 : 0,5906$; $zx = 68°46'$; $mm = 86°16'$. Macle suivant h^1. Clivages : parfaits suivant g^1 et m, difficiles suivant h^1 et $a^{1/2}(\bar{2}01)$.

Dureté. 3,5 à 4. Très fragile. *Densité*. 2,25 à 2,41.

Propriétés optiques. Incolore, blanc laiteux, jaune. Éclat vitreux, nacré sur les lames de clivage. Translucide ; par exposition à l'air devient opaque et tombe en poussière.

Optiquement négative; plan des axes optiques parallèle à g^1. Bissectrice aiguë faisant dans $g^1 + 60$ à $+ 65°$ avec h^1. $2E = 52°$ env.

Propriétés chimiques. La composition théorique est : SiO^2 51,1 ; Al^2O^3 21,7 ; CaO 11,9 ; H^2O 15,3.

Au chalumeau, bouillonne et fond en un verre blanc bulleux.

Décomposée par HCl en faisant gelée.

Diagnostic. La forme, la facilité des clivages, la fragilité et surtout la propriété de tomber en poussière dans une atmosphère sèche, en perdant de l'eau, sont caractéristiques de ce minéral.

GISEMENTS

Roches éruptives.

Basaltes et diabases. — Dans la diabase altérée de la carrière Lauratet, près de Mananjary, se trouvent des veinules et de grandes cavités remplies ou tapissées par de la laumontite qu'accompagne la calcite. Ses cristaux, d'un jaune chamois clair, ont en moyenne de 1 à 2 centimètres de longueur et sont réduits aux faces p et m (fig. 504). Ils sont antérieurs à la calcite qui les englobe parfois et dont les cristaux atteignent jusqu'à 8 centimètres. Je dois à M. Fauchère une très grosse géode qui constitue le plus bel échantillon (Pl. 27, fig. 4) de laumontite que possède la collection du Muséum.

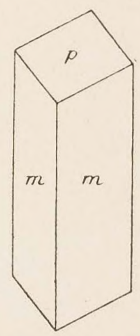


FIG. 504. — Laumontite. Forme commune.

Dans la diabase d'Ambatomainty, près Ankilahila, la laumontite blanche recouvre des cristaux de mésotype.

A Vangaindrano, la laumontite se rencontre dans les géodes quartzeuses du basalte ; elle y est d'ordinaire associée à de la stilbite qui l'englobe ; elle constitue des cristaux distincts ou des masses fibrolamellaires. Quand il existe de la calcite, celle-ci est en partie implantée sur la laumontite ; il me reste à signaler des cavités, entièrement remplies par cette zéolite qui est généralement séparée du basalte par une couche mince de delessite.

Enfin, la laumontite, blanche ou jaunâtre, imprègne les basaltes altérés du Sud de Vohémar, notamment à l'Ouest d'Amboanio, ou remplit leurs vacuoles.

XIV

COMBUSTIBLES MINÉRAUX

Il existe à Madagascar des gisements de carbures d'hydrogène (asphalte, pissasphalte, peut-être pétrole), de houille, de lignite et de tourbe, mais comme ils n'ont fourni jusqu'ici aucun produit ayant un intérêt minéralogique, afin d'éviter des redites, je ne m'en occuperai que dans le chapitre VIII de la Troisième Partie de cet ouvrage (tome II) qui, d'ailleurs, leur est entièrement consacré.



40°
45°
50°
15°
Gde. Comore
Moroni
Mt Karthala 2400 m
ILES COMORES
Mutsamudu
Anjouan
Moheli
Fomboni
Dzaoudzi
Ilot Pamanzi
Mayotte
Is Glorieuses
C. d'Ambre
Be de Diego-Suarez
Antsirana
Be de Befotaka
Befotaka
C. St Sébastien
Sajoavato
Port Loky
Mt d'Ambre (1350 m)
R. Manankolana
Nosy Mitsio
Mt Andavakoera
Nosy Be
Hellville
Ambilobe
Vohemar
Be d'Ampasindava
Ambato
Be d'Ambavatoby
Ampasimena
Ambanja
Mt Antsahabe (2162m)
Anorontsangana
Port Radama
Maromandia
Mt Tsaratanana (2880m)
R. Bemarivo
Sahambava
ANKAIZINA
Mt Mangindrano
Nosy Lava
Be de Narinda
Analalava
Antsohihy
Befandriana
Antalaha
R. Andravona
Be de Mahajamba
Antonibe
R. Sofia
Maroantsetra
Be de Bombetoka
R. Mahavavy
MAJUNGA
BOINA
Port Bergé
Mandritsara
Col de l'Androna
Be d'Antongil
Ampanavoana
C. Masoala
Be de Marambitsy
Be de Baly
Baly
Soalala
Boina
Marovoay
Ampasimadera
C. St André
I. Chesterfield
Antaly
L. Kinkony
Ambato Boina
Mananara
Ampary
R. Kamoro
Marotandrano
R. Sambao
Besalampy
Mt Ambohitrosy (783m)
AMBONGO
Mt Tsitondroina (337m)
Maevatanana
Ankara
Mt Namakia (1086m)
Lanihay
Tsaratanana
Anosimboahangy
I. Ste Marie
Ade fototra
I. Juan de Nova
Beravina
Bekodia
Ikavo
Ambaliha
Mt Antongondrahoja
Andriamena
Imerimandroso
R. Maningory
Fénérive
Tambohorano
Kandreo
L. Alaotra
Foulpointe
R. Manambao
Mt Fonjay
Andriba
Ambakireny
Ambatondrazaka
Morafenobe
Mt Vohambohitra (1492m)
Morafeno
R. Ivoloina
Makaraingo
ANTSIHANAKA
SAKALAVA
MOZAMBIQUE
OCEAN INDIEN



Gravé chez L. Wuhrer _ Monsanglant, Sr.

A. Challamel, Edit. — Dressé par L. Desbuissons.

Echelle

50 40 30 20 10 0 50 100 150 200 250 Kilom.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE 1

FIG. 1. — *Graphite* lamelleux, entourant une veine de pegmatite. Ambohibe, près Betafo. (Grandeur naturelle), page 164.

FIG. 2. — *Graphite* en larges lames, groupées en rosettes. Région de Tsinjoarivo. (Grandeur naturelle), page 153.

FIG. 3. — *Graphite* en grands cristaux, portant des stries triangulaires sur la base. Ambohimarina. (Grandeur naturelle), page 153.

FIG. 4 et 5 — *Cuivre natif* du basalte d'Andrakaraka. (Légère réduction), page 160.

PLANCHE 2

FIG. 1. — Filon de quartz à mâchoire, avec remplissage de quartz et d'*or* (*électrum*)[1] cristallitique, Andavakoera. (Surface polie, grossissement de 3 diamètres), page 165.

FIG. 2. — *Électrum* en groupements cristallitiques. Cavité dans alluvions d'Ambodimanga. (Grossissement de 10 diamètres), page 166.

FIG. 3. — *Argent natif*, extrait de la barytine de Betankilotra. (Grandeur naturelle), page 161.

FIG. 4. — *Or natif* en pépites non roulées des éluvions. Provenances malgaches variées. (Grandeur naturelle), page 166.

FIG. 5. — *Or natif*. Pépites d'alluvions, plus ou moins roulées et usées. Provenances malgaches variées. (Grandeur naturelle), page 166.

FIG. 6. — *Or natif*. Pépite non roulée des gneiss latéritisés. Ranomangatsiaka. (Grandeur naturelle), page 166.

1. Pour tout ce qui concerne cette planche, voir aussi dans le tome II, le chapitre 1 de la troisième partie; pour l'or d'Andavakoera, voir les premières planches du tome II.

PLANCHE 3

Fig. 1. — *Molybdénite* de la pegmatite de Tongafeno. (Grandeur naturelle), page 170.

Fig. 2. — *Pyrite* en cubes striés, transformés en limonite de la pegmatite d'Ampangabe. (Réduction de moitié), page 180.

Fig. 3. — *Erubescite* ; fragment poli de l'échantillon représenté par la figure 5. Sur la surface brillante se voient des veines de chalcosite. La gangue est de la calcite. (Grossissement de 5 diamètres), page 187.

Fig. 4. — *Chalcopyrite* (tétraèdre brillant) et blende noire, avec rhomboèdres selliformes d'ankérite implantés sur cristaux de quartz. Ranomafana (Andavakoera). (Grossissement de 5 diamètres), page 189.

Fig. 5. — *Erubescite*; veine dépourvue de gangue dans calcaire. Ambatofangehana. (Réduction de moitié) page 187.

PLANCHE 4

Fig. 1. — *Améthyste*, cristal à faces creuses, coiffant un cristal de quartz blanc. Crypte de la pegmatite de Tongafeno. (Réduction de moitié), page 199.

Fig. 2 et 3. — *Quartz sceptre,* améthyste coiffant quartz blanc. Ambatofotsikely. (Grandeur naturelle), page 199.

Fig. 4. — *Quartz enfumé.* Groupement à axes parallèles de deux cristaux. Pegmatite de Maharitra. (Grandeur naturelle), page 201.

Fig. 5. — *Calcédoine* du basalte d'Antangodrahoja. (Légère réduction), pages 215 et 217.

Fig. 6. — *Quartz hyalin,* avec figures d'accroissement sur *p*. Inanatonana. (Grossissement de 2 diamètres), page 212.

Fig. 7. — Moulage en *quartz* de rhomboèdres, e^1, disparus, de *calcite*. Ampasimpitily. (Réduction de moitié), pages 204 (note 1) et 282.

PLANCHE 5

Quartz hyalin. Anketsaketsa.

Fig. 1 et 3. — Fantômes de la face *s*. (Grossis deux fois), page 210.

Fig. 2. — Figures d'accroissement sur la face *p*. (Réduction de moitié), page 212.

Fig. 4 et 5. — Figures de corrosion sur la face *p*. (Grossissement de 2 diamètres), page 208.

PLANCHE 6

Fig. 1. — *Quartz hyalin,* face e^2 avec empreintes palmées d'un minéral disparu. Menavato. (Grandeur naturelle), page 206.

Fig. 2. — *Quartz hyalin. Inclusions liquides* avec bulle gazeuse [1], disposées suivant un plan *p*. Nord-Est de Madagascar. (Grossissement de 5 diamètres), page 202.

Fig. 3. — *Quartz hyalin.* Figures d'accroissement sur *s*. Anketsaketsa. (Grossissement de 3 diamètres), page 210.

1. La bulle gazeuse de ces inclusions se déplace quand l'échantillon est changé de position.

FIG. 4. — Section basique d'un cristal de *quartz hyalin*, avec zone extérieure colorée en rouge par de fines inclusions de gœthite. Traces de clivages prismatiques. Ilazarivo. (Grandeur naturelle), page 205.

FIG. 5. — *Quartz hyalin*, avec inclusions d'actinote. Sud de la Mania. (Grandeur naturelle), page 212.

PLANCHE 7

Quartz hyalin. Anketsaketsa.

FIG. 1. — *Corrosions* sur l'arête positive et sur la face symétrique de *s* d'un cristal droit. (Grossissement de 1/3), page 208.

FIG. 2. — *Corrosions* sur deux arêtes contiguës, mettant en évidence une macle que décèlent également les *figures de corrosion* de la face e^2, limitée par ces arêtes. (Grossissement de deux diamètres), page 208.

FIG. 3 et 4. — *Figures de corrosion*, grossies, des cristaux précédents, page 208.

PLANCHE 8

FIG. 1. — *Rutile* des micaschistes d'Iazanatsoa[1]. (Grandeur naturelle), page 223.

FIG. 2. — *Ilmenorutile*. Cristaux déformés. Ampangabe. (Grandeur naturelle), page 231.

FIG. 3 et 4. — *Ilmenorutile-strüvérite*. Fefena. Macle du type II. Dans la figure 3, h^1 est dans le plan de la figure ; il lui est perpendiculaire dans la figure 4. (Grandeur naturelle), page 231.

FIG. 5. — *Ilmenorutile*. Ampangabe. Cristaux accolés à axes parallèles. (Réduction de moitié), page 226.

FIG. 6. — *Ilmenorutile*. Ampangabe. Groupement à axes parallèles. Un gros cristal en englobe un petit. (Grandeur naturelle), page 226.

PLANCHE 9

FIG. 1. — *Rutile* en longues aiguilles incluses dans quartz hyalin. Surface polie. Gisement malgache indéterminé. (Réduction de un tiers), pages 200 et 222.

FIG. 2. — *Zircon*. Mont Ampanobe. *Figures d'accroissement* sur les faces *m* du cristal représenté par la figure 4 ; l'orientation des deux figures est la même. (Grossissement de 2 diamètres), page 236.

FIG. 3 et 4. — *Zircon*. Mont Ampanobe. Cristal simple (fig. 4, légère réduction) ; cristaux groupés à axes parallèles (fig. 3, légère réduction), page 236.

FIG. 5. — *Malacon*, en cristaux groupés. Ambatofotsy. (Grandeur naturelle), page 240.

FIG. 6. — *Zircon*, Fanovana. (Grandeur naturelle), page 238.

FIG. 7. — *Uranothorite*. Ambatofotsy. L'axe vertical du prisme est légèrement oblique par rapport à la marge. (Grandeur naturelle), page 243.

PLANCHE 10

FIG. 1 et 5. — *Corindon*. Type isoscéloédrique des micaschistes de la région de Vatondrangy. (Réduction de moitié), page 249.

1. Et non Inganasoa comme l'indique la légende de la planche.

Fig. 2. — *Corindon*, dans micaschiste feldspathisé. Anjomakely. (Grandeur naturelle), page 251.

Fig. 3. — *Corindon* des roches feldspathiques. Isoscéloèdre basé. Ambodilaingo. (Grandeur naturelle), page 251.

Fig. 4 à 6. — *Corindon*. Ambavatory. Type basique prismatique, très aplati suivant la base qui porte les figures triangulaires étagées. (Grandeur naturelle), pages 250 et 252.

Fig. 7 et 8. — *Corindon* du même type que la figure précédente. Ambodilaza. Sur la figure 8, les cristaux sont enveloppés dans un mélange de microcline, de sillimanite et de biotite. (Grandeur naturelle, fig. 7 ; réduction d'un tiers, fig. 8), pages 250 et 252.

Fig. 9. — *Corindon*. Lakato. Type prismatique basé. (Grandeur naturelle), page 251.

Fig. 10. — *Corindon*. Ifempina. Plan de séparation basique d'un isoscéloèdre, avec couronne périphérique de *sillimanite* fibreuse. (Grandeur naturelle), page 251.

Fig. 11 et 13. — *Perthite de crichtonite et d'hématite* (*washingtonite*) (les parties noires sont constituées par la crichtonite). Androngonvato. Surface polie et légèrement attaquée par HCl : section basique (fig. 11), section parallèle au prisme (fig. 13) ; dans cette dernière figure, la trace de la base a été mise à peu près verticale. (Grossissement de 5 diamètres), page 265.

Fig. 12. — *Hématite*. Itorendrika. Face a^1, à structure polysynthétique : à comparer avec les corindons des figures 4 à 7 qui ont la même orientation. (Grandeur naturelle), page 258.

PLANCHE 11

Fig. 1. — *Aragonite* moulant insectes et bulles de gaz. Emergence du sondage d'Antsirabe. (Grossissement de 5 à 10 diamètres), page 291.

Fig. 2 et 3. — *Calcite* déposée sur des brins d'herbe. Emergence du sondage d'Antsirabe. (Grandeur naturelle), page 284.

Fig. 4. — Pisolites isolés de *ctypéite*[1]. Mahatsinjo. (Grandeur naturelle), page 289.

Fig. 5. — Pisolites de *ctypéite* agglomérés et transformés en *calcite*. Andranomavo. (Grandeur naturelle), page 289.

Fig. 6. — Pisolites de *ctypéite* de Mahatsinjo, agglomérés et s'impressionnant mutuellement. (Grandeur naturelle), page 289.

PLANCHE 12

Fig. 1. — *Barytine*. Cristal transparent, aplati suivant p, avec clivages prismatiques nets. Filon aurifère de Ranomafana (Andavakoera). (Réduction d'un tiers), page 308.

Fig. 2. — *Bismuthinite* épigénisée en *bismuthosphérite*. Pegmatite d'Ampangabe. (Légère réduction), pages 168 et 296.

Fig. 3. — *Cymophane*. Macle suivant g^2. Miakanjovato. (Grandeur naturelle), page 336.

Fig. 4 et 5. — *Cymophane*. Même macle, très aplatie suivant p. Région d'Antsirabe (fig. 4) ; Ambatosoratra (fig. 5). (Grossi deux fois), page 336.

Fig. 6. — *Magnétite* en octaèdres à faces en escaliers. Pegmatite de Sakazera. (léger agrandissement), page 330.

Fig. 7. — *Hambergite*. Maharitra. (Léger agrandissement), page 340.

Fig. 8. — *Hambergite*. Imalo. Cristal aplati suivant h^1. (Réduction d'un tiers), page 339.

1. Voir tome II les planches représentant des lames minces taillées dans les pisolites de ctypéite intacte ou pseudomorphisée.

PLANCHE 13

FIG. 1 et 4. — *Monazite.* (type II). Ampangabe. (Grandeur naturelle), page 347.

FIG. 2 et 3. — *Monazite.* Macle suivant h^1. Ampangabe (fig. 2) ; Ambatofotsikely (fig. 3). (Grandeur naturelle), page 348.

FIG. 5. — *Monazite.* Cristaux déformés par élongation. Ampangabe. (Grandeur naturelle), page 347.

FIG. 6. — *Monazite.* Mont Vohambohitra. Type I. Ce cristal est placé dans la position de la figure 241 de la page 348. (Grandeur naturelle), page 349.

FIG. 7. — *Monazite.* Macle suivant h^1. Le plan de macle h^1 est perpendiculaire au plan de la figure. On voit en avant la gouttière formée par les faces $o^1\underline{o}^1$. Ambatofotsikely. (Grandeur naturelle), page 348.

FIG. 8. — *Vivianite* de la tourbière de Kelilalina. (Grossissement de 5 diamètres), page 353.

FIG. 9. — *Autunite* sur tourbe des alluvions de la Fitatahana près Vinaninkarena. (Grossissement de 5 diamètres), page 361.

PLANCHE 14

FIG. 1. — *Columbite* d'Ambatofotsikely. Groupement à axes parallèles. (Grandeur naturelle), page 368.

FIG. 2. — *Samarskite.* Manendrika. (Léger agrandissement), page 374.

FIG. 3. — *Columbite.* Ambatofotsikely, avec cupules sur la face g^1. (Réduction d'un tiers), page 366.

FIG. 4. — *Columbite.* Type II. Cristaux à extrémité étirée. Andilana. (Grandeur naturelle), page 369.

FIG. 5. — *Columbite.* Type II. Ampangabe. (Grandeur naturelle), page 368.

FIG. 6. — *Euxénite.* Mont Vohambobitra. (Grandeur naturelle), page 388. Gouttière formée par les faces $b^{1/2}\underline{b}^{1/2}$.

FIG. 7. — *Association de muscovite et de columbite.* Ampangabe. (Grandeur naturelle), page 368.

PLANCHE 15

FIG. 1. — *Fergusonite.* Sud d'Ambatofotsikely. (Léger grossissement), page 372.

FIG. 2. — *Fergusonite* dans quartz. Sud d'Ambatofotsikely. Deux cristaux sont brisés perpendiculairement à l'axe vertical. (Léger grossissement), page 372.

FIG. 3 et 5. — *Groupements d'ampangabéite et de columbite* (de couleur noire). Ces deux figures représentent deux positions rectangulaires ; parallèle à p de l'ensemble dans la figure 3, parallèle à h^1 de la columbite dans la figure 5. On voit dans la figure 3 que la face d'aplatissement de l'un des minéraux est perpendiculaire à celle de l'autre. (Léger grossissement), page 377.

FIG. 4. — *Euxénite.* Cristaux groupés en éventail dans un plan. Est d'Ankazobe (Grandeur naturelle), page 388.

FIG. 6. — *Columbite.* Ampangabe. Groupement en gerbes, l'arête pg^1 formant charnière. (Grandeur naturelle), page 366.

PLANCHE 16

FIG. 1. — *Manganocolumbite* dans pegmatite de Manjaka. (Grossissement de 10 diamètres), page 370.

FIG. 2. — *Euxénite.* Groupement à axes parallèles. Nord Ankazobe. (Grandeur naturelle), page 388.

FIG. 3. — *Euxénite.* Groupement à axes parallèles. Samiresy. (Léger grossissement), page 388.

FIG. 4. — *Euxénite.* Cristaux groupés en éventail. Ouest d'Ambolotara. (Grandeur naturelle), page 388.

FIG. 5. — *Betafite* traversée par une cavité à section hexagonale, laissée par la décomposition d'un prisme de béryl. Ambatofotsy. (Grandeur naturelle), page 381.

FIG. 6. — *Betafite* (b^1 avec petite face a^1). Sama. (Grossissement de 2 diamètres), page 380.

FIG. 7. — *Betafite* dans quartz, traversée par des fentes radiales autour de la betafite. Ambatolampikely. (Grandeur naturelle), page 384.

FIG. 8. — *Betafite.* Octaèdres groupés à axes parallèles. Ambatofotsy. (Grandeur naturelle), page 380.

PLANCHE 17

Betafite.

FIG. 1. — Octaèdres, groupés à faces parallèles à gauche, enchevêtrés à droite. Antanifotsy. (Grandeur naturelle), page 380.

FIG. 2 et 3. — Octaèdre allongé suivant un axe quaternaire (fig. 2), à côté d'un cristal à développement normal (fig. 3). Madiomby. (Grandeur naturelle), page 382.

FIG. 4. — Combinaison p, a^1, b^1. Ambatolampikely [1]. (Grandeur naturelle), page 381.

FIG. 5. — b^1 dominant avec a^1. Ambatolampikely. (Réduction de moitié), page 381.

FIG. 6 à 10. — Cristaux aplatis suivant b^1. Ambatolampikely. La figure 7 montre un cristal gondolé comme une matière plastique ; la figure 9 fait voir la disposition en escaliers, fréquente dans les cristaux accolés sur du mica. (Grandeur naturelle), page 381.

FIG. 11. — Mêmes déformations provenant de Sama. Le premier cristal à gauche est aplati suivant p. (Grandeur naturelle), page 381.

FIG. 12. — Octaèdres groupés sur mica. Antanifotsy. (Légère réduction), page 380.

PLANCHE 18

FIG. 1 et 2. — *Topaze.* Mont Bemainandro. Dans la figure 1, l'axe vertical est parallèle à la marge ; dans la figure 2, la face p est parallèle au plan du papier. Ces figures montrent les corrosions de toutes les faces ; les faces prismatiques postérieures sont limpides. (Grandeur naturelle), page 410.

FIG. 3 et 4. — *Bityite.* Maharitra. Dans la figure 4, les cristaux de bityite sont implantés sur deux faces e^2 du quartz dont elles ont déterminé l'arrêt de développement (page 204). (Légère réduction), page 399.

FIG. 3. — Portion grossie de la même figure. On reconnaît la forme en barillets hexagonaux de la *bityite.*

FIG. 5. — *Tourmaline* noire sur quartz. Ambalaroy. (Légère réduction).

FIG. 6. — *Bityite,* formant une chemise à un cristal de *tourmaline* verte de Maharitra. (Grandeur naturelle), page 399.

FIG. 7. — Section basique d'une *tourmaline* verte et rose d'Anjanabonoina. La plaque est assez épaisse pour qu'on puisse voir que le fantôme triangulaire central est une section de rhomboèdre et non pas de prisme. (Léger grossissement), page 426.

1. Et non Ambalavatokely comme cela a été écrit dans la légende de la planche.

PLANCHE 19

FIG. 1 à 3. — *Tourmaline* rose et verte dans quartz. Maharitra (fig. 2 et 3) ; région de Ramainandro (fig. 1). (Grandeur naturelle ou un peu réduite), page 420.

FIG. 4. — *Tourmaline* jaune verdâtre, bacillaire. Entre Analaidirana et le mont Kalapato. (Réduction de 2 tiers), page 420.

FIG. 5. — *Tourmaline* rose; groupement polysynthétique. Maharitra. (Grandeur naturelle), page 420.

FIG. 6. — *Tourmaline*, jaune brunâtre, de Tsilaizina. Prisme polysynthétique tordu et fissuré. (Réduction de moitié), page 414.

PLANCHE 20

FIG. 1. — *Tourmaline* verte. Anjanabonoina. Cristal terminé par a^1 et déformé par aplatissement suivant une face prismatique. (Grandeur naturelle), page 419.

FIG. 2. — *Tourmaline* noire. Andreba. Cristal avec figures d'accroissement sur p. (Grossie deux fois), page 433.

FIG. 3. — *Tourmaline* verte et rose, d'Anjanabonoina. Combinaison e^1, $e^{1/2}$, $^{1/2}e^2$, d^1. (Réduction de moitié), page 418.

FIG. 4. — *Tourmaline* noire. Mont Kalapato [1]. Il n'existe au pointement qu'une face p, associée à e^1. (Faible réduction), page 433.

FIG. 5. — *Tourmaline* d'un brun noir. Anjanabonoina. Les faces e^1 ont subi un arrêt de développement. (Réduction d'environ un tiers), page 432.

FIG. 6. — *Tourmaline* d'un rose pâle de dernière formation recouvrant des cristaux plus gros du même minéral. Maharitra. (Grandeur naturelle), page 419.

FIG. 7. — *Tourmaline* verte d'Anjanabonoina. Le sommet est formé par e^1 et $e_{1/2}$. (Grandeur naturelle), page 416.

Fig. 8. — *Association graphique de tourmaline noire et de quartz.* Ampangabe. (Grandeur naturelle), page 434.

PLANCHE 21

FIG. 1 à 3. — *Muscovite.* Ambatofotsikely. Avec inclusions de magnétite (fig. 1 et 2), page 480, d'almandinspessartite (fig. 3). (Grandeur naturelle, fig. 1 et 3, grossissement de 5 diamètres, fig. 2), pages 462 et 479.

FIG. 4. — *Grenat almandin* superficiellement corrodé, provenant de la terre rouge de la région de Midongy. (Grandeur naturelle), page 466.

PLANCHE 22

FIG. 1. — Trapézoèdre d'*almandin-spessartite*. Ampangabe. (Grandeur naturelle), page 462.

FIG. 2, 4 à 6. — *Thortveitite.* Befanamo. (A peu près grandeur naturelle) (fig. 2, cristal brisé et ressoudé naturellement; fig. 4, à gauche, structure polysynthétique, avec, sur une face m cannelures de la macle m ; fig. 5, cristal étiré en pointe ; fig. 6, gouttière de la macle suivant g). (A peu près grandeur naturelle), page 501.

1. Et non Kalanda, comme cela a été écrit par erreur dans la légende.

Fig. 3. — *Clinozoïsite*, constituant les parois d'un moulage en creux de cristaux disparus de *diopside*. Volonandrongo. (Légère réduction), page 450.

Fig. 7 et 9. — *Danburite* de Maharitra, montrant des variations de coloration. (Légère réduction), page 457.

Fig. 8. — *Clinozoïsite*. Volonandrongo. (A peu près grandeur naturelle), page 449.

PLANCHE 23

Fig. 1. — *Diopside*. Ieninkenina. Cristaux aplatis suivant h^1. (Léger grossissement), page 513.

Fig. 2, 5 et 8. — *Triphane* (*kunzite*) de Maharitra. Le cristal de la figure 8 présente un clivage *m* dans le plan du papier; les deux autres cristaux sont corrodés. (Dimension un peu inférieure à la grandeur naturelle), pages 520 et 521.

Fig. 3, 4 et 6. — *Triphane* (*kunzite*). Anjanabonoina. *Figures de corrosion* sur *m* (fig. 3), sur g^1 (fig. 4) ; dans la figure 6, on voit à travers une face prismatique des inclusions aciculaires d'un minéral disparu. (Grandeur naturelle), pages 521 et 522.

Fig. 7. — *Trémolite* fibreuse et *biotite*. Riv. Fanjahira [1]. (Grossie deux fois environ), page 531.

PLANCHE 24

Fig. 1, 2 et 4. — *Béryl*. Tongafeno. Cristaux à sommet étiré. La figure 4 représente le cristal 1 (à gauche), vu perpendiculairement à son axe vertical. (1 et 2 réduits d'un tiers, 4 grossi 2 fois), pages 550 et 552.

Fig. 3. — *Béryl césifère* rose. Maharitra. Combinaison *p*, a^1. Comparer cette figure représentant le type III à la figure 5 (type I). (Réduction de moitié), page 554.

Fig. 5. — *Béryl*. Type I. Sahanivotry. La base est transparente, les faces du prisme opaques. (Grandeur naturelle), page 552.

Fig. 6. — *Béryl*. Tongafeno. Allongement en pointe. (Réduction de moitié), page 550.

Fig. 7. — *Béryl* déformé mécaniquement. Sahatorendrika. (Légère réduction), page 550.

PLANCHE 25

Fig. 1. — *Béryl* vert, transparent, corrodé. Région de Miandrarivo. (Grandeur naturelle), page 552.

Fig. 2. — *Béryl césifère* rose. Maharitra. Même forme que la figure 3 de la planche précédente. La base est dans le plan de la figure. (Grandeur naturelle), page 554.

Fig. 3, 4 et 5. — *Béryl* vert bouteille, présentant des corrosions pneumatoilytiques. Dans les figures 4 et 5, les surfaces corrodées sont couvertes de paillettes de muscovite. (Grandeur naturelle), page 553.

PLANCHE 26

Fig. 1. — *Béryl césifère* rose (type II) dans pegmatite. Antandrokomby. (Grandeur naturelle), page 554.

Fig. 2. — *Béryl* bleu (type I), dans quartz. Ampangabe. (Grandeur naturelle), page 550.

Fig. 3. — *Microcline*. Combinaison *p*, a^1, g^1, *m*. Le cristal est glacé d'*albite* dont les cristaux deviennent distincts pour former une pseudo-face g^2. Antandrokomby. (Réduction de moitié), page 556.

1. Et non Ifrangia, comme il a été écrit par erreur dans la légende.

Fig. 4. — *Albite* crêtée. Cristaux élémentaires aplatis suivant g^1 et limités par p et a^1. Cavités de la pyroxénite de Volonandrongo. (Grandeur naturelle), page 573.

Fig. 5. — *Microcline* blanc, accolé à un cristal de *quartz enfumé*. Maharitra. (Réduction de moitié), page 566.

Fig. 6. — *Sphène* brun. Macle suivant h^1. De larges m, associées à de petites faces $d^{1/2}$ sont visibles. Région de Midongy. (Grandeur naturelle), page 583.

PLANCHE 27

Fig. 1. — Fragment d'un cristal de *tscheffkinite*, à cassure éclatante, transformé sur les bords en un mélange de rutile, bastnaésite, crichtonite, etc. Itorendrika. (Grandeur naturelle), pages 298 et 587.

Fig. 2. — *Mésotype* bacillaire de la diabase d'Ambatomainty. (Grandeur naturelle), page 593.

Fig. 3. — *Analcime* trapézoèdre blanc sur *gmélinite* rosée. Bekiady. (Grandeur naturelle), page 600.

Fig. 4. — *Laumontite* des diabases de Mananjary. (Grossissement de 5 diamètres), page 603.

Fig. 5. — *Scapolite* transparente ; (figures de corrosion sur la base). Tsarasaotra. (Grossissement de 2 diamètres), page 580.

Fig. 6. — *Gmélinite*. Bekiady. Cristaux vus parallèlement à la base et par suite dans une position perpendiculaire à la position de ceux représentés par la figure 3. (Grandeur naturelle), page 602.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

GÉOLOGIE

CHAPITRE PREMIER

ESQUISSE GÉOGRAPHIQUE

CHAPITRE II

ESQUISSE GÉOLOGIQUE

TROISIÈME PARTIE

MINÉRALOGIE

I. *CORPS SIMPLES NATIFS*

II. *SULFURES, TELLURES, SULFOSELS*

III. *SELS HALOÏDES*

IV. *OXYDES ET HYDROXYDES*

XIII. *SILICATES ET TITANATES*

CHARTRES. — IMPRIMERIE DURAND, RUE FULBERT.

MADAGASCAR

ESSAI DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

Par E. F. GAUTIER

Agrégé de l'Université, Docteur ès lettres, ancien directeur de l'enseignement à Tananarive.

Un volume grand in-8° (1902), avec cartes et planches hors texte.
Relié demi-chagrin. . , . . , ... 60 fr.

L'EMPIRE COLONIAL DE LA FRANCE

MADAGASCAR

LA RÉUNION. — MAYOTTE. — LES COMORES. — DJIBOUTI

Texte par le R. P. Piolet et Ch. Noufflard
Illustrations de COURTELLEMONT

Un volume in-4° (1900), broché. . . . . , . 44 fr.

MADAGASCAR

ÉTUDE ÉCONOMIQUE

Publiée sous la direction de M. LOISY.

Histoire. — Géographie. — Organisation. — Agriculture. — Élevage.
Forêts. — Pêches. — Richesses minières. — Hygiène.

Par MM. Fauchère, Aujas, Viguier, Carle, Carougeau, Gruvel, Lacroix, Bonnefond, Renel, Bounafous, Jacques.

Introduction par M. le Gouverneur Général GARBIT.

Un volume in-8° illustré (1914). . . . . 15 fr.

Sous presse

LES BOIS DE MADAGASCAR

Par H. LECOMTE

Membre de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle

et A. FAUCHÈRE

Inspecteur général d'agriculture coloniale.

Un volume grand in-8° avec planches hors texte.

CHARTRES. — IMPRIMERIE DURAND, RUE FULBERT.